TESIS
IID 2005
F8
V.1

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

"PROPUESTA DE MEJORA PARA LOS PROCESOS DE PROCURA, MANEJO Y CONTROL DE PARTES Y REPUESTOS CRÍTICOS DE LAS UNIDADES GENERADORAS EN UNA PLANTA DE ENERGÍA ELÉCTRICA"

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

presentado ante la

UNIVERSIDAD CATÓLICA ANDRÉS BELLO

como parte de los requisitos para optar al título de

INGENIERO INDUSTRIAL

REALIZADO POR Fuentes G, Marialbert J.

PROFESOR GUIA Ing. Emmanuel López C.

FECHA Febrero de 2005.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
Dedicatoria	iii
Agradecimientos	iv
Índice general	v
Índice de anexos	vii
Índice de cuadros	viii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	x
Índice de gráficos	xi
Sinopsis	xii
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I: El Problema	
I.1.- Planteamiento del problema	3
I.2.- Justificación de la investigación	6
I.3.- Objetivos de la investigación	7
I.3.1.- Objetivo general	7
I.3.1.- Objetivos específicos	7
I.4.- Alcance	7
I.5.- Limitaciones	8
CAPITULO II: Marco Teórico	
II.1.- Antecedentes de la investigación	9
II.2.- Bases teóricas	10
II.2.1.- Conceptos básicos	10
II.2.2.- Inventarios	14
II.2.2.1.- Costos de inventarios	14
II.2.3.- Modelos para el control de inventarios	15
II.2.3.1.- Modelos para el sistema Q	16
II.2.4.- El almacén	17
II.2.5.- Políticas de almacenamiento	18
II.2.6.- Manejo de materiales	18
II.2.7.- Control de los materiales	20
II.2.8.- Compras	20
II.2.9.- El mantenimiento	21
II.2.9.1- Diferentes tipos de mantenimiento	21
II.2.10.- Sistema SAP R/3	23
II.2.10.1.- Módulo MM. gestión de materiales	23
CAPITULO III: Marco Metodológico	24
III.1.- Tipo y Diseño de la investigación	24
III.1.1.- Investigación proyectiva	24
III.1.2.- Investigación descriptiva	25
CAPITULO IV: Presentación y Análisis de Resultados	
IV.1.- Objetivo especifico N° 1	28
IV.1.1.- Características de las turbinas de combustión de la planta O.A.M	28
IV.1.2.- Mantenimiento preventivo de las unidades de generación O.A.M	31

IV.1.2.1.- Mantenimientos programados recomendados por el fabricante..... 31
IV.1.2.2.- Mantenimientos rutinarios recomendados por el fabricante..... 34
IV.1.2.3.- Mantenimientos predictivos..... 34
IV.1.2.4.- Consideraciones..... 36
IV.2.- Objetivo específico Nº 2..... 36
IV.2.1.- Clasificación de los equipos por sistemas críticos..... 38
IV.2.2.- Clasificación de las partes y repuestos por sistemas críticos..... 40
IV.3.- Objetivo específico Nº 3..... 43
IV.3.1- Situación de las partes y repuestos con la logística actual..... 44
IV.3.2.- Proceso de procura actual..... 45
IV.3.2.1.- Actividades del proceso de Compras..... 45
IV.3.2.2.- Tipos de compra para las partes y repuestos críticos..... 47
IV.3.2.3.- La gestión del proceso de procura..... 48
IV.3.2.4.- Tiempos de espera de las partes y repuestos (P&R) en la actualidad..... 52
IV.3.3.-Proceso control..... 54
IV.3.3.1.- Actividad de control en la gestión de compras..... 55
IV.3.3.2.- Actividades para el control en la llegada del material..... 57
IV.3.3.3.- Actividades para el control en la salida del material..... 57
IV.3.3.4.- La Gestión del proceso de control..... 58
IV.3.4.-Características del manejo y disposición de las partes y repuestos..... 61
IV.3.4.1.- Dimensiones y características de las áreas del almacén 001..... 61
IV.3.4.2.- Ubicación de las partes y repuestos críticos en el almacén..... 63
IV.3.4.3.- Características generales del manejo y disposición de los materiales..... 65
IV.3.5.- Flujo-grama de los procesos logísticos..... 68
IV.4.- Objetivo específico Nº 4..... 69
IV.5.- Conclusiones del análisis de los resultados..... 71
CAPITULO V: LA PROPUESTA
V.1.- Objetivo específico Nº 5..... 73
V.1.1.- Oportunidades de mejora para los procesos de procura, manejo y control..... 73
V.2.- Objetivo específico Nº 6..... 74
V.2.1.- Diseño de la propuesta de mejora..... 74
V.2.1.1.- Presentación..... 74
V.2.1.2.- Justificación de la propuesta..... 74
V.2.1.3.- Objetivo de la propuesta..... 74
V.2.1.4.- Estructura de la propuesta..... 74
V.2.1.5.- Factibilidad de la propuesta..... 80
V.2.1.6.- Beneficios de la propuesta..... 81
CAPITULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
VI.1.- Conclusiones..... 82
VI.2.- Recomendaciones..... 83
BIBLIOGRAFÍA..... 84
NEXOS..... 86

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A. Cronograma de actividades, inspecciones mayores..... 87
Anexo B. Partes y repuestos recomendadas por el fabricante..... 100
Anexo C. Mantenimiento preventivo maestro..... 109
Anexo D. Listado para la clasificación de los equipos críticos..... 115
Anexo E. Listado para la clasificación de las P&R críticos..... 129
Anexo F. Normativas para importaciones..... 136
Anexo G. Compras y status..... 140
Anexo H. Sobrantes y faltantes..... 150
Anexo I. Listado de ubicaciones de las P&R críticos en el almacén 001..... 157
Anexo J. Puntos de reposición..... 162
Anexo K. Indicadores de gestión..... 174

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro Nº 1. Tipos de partes y repuestos (P&R) y tiempos de pedido..... 50
Cuadro Nº 2. Tiempos de espera para partes y repuestos Siemens-Westinghouse..... 53

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla Nº 1. Plan de mantenimiento mayor..... 33
Tabla Nº 2 Plan de mantenimiento rutinario..... 34
Tabla Nº 3 Plan de mantenimiento predictivo..... 35
Tabla Nº 4. Sistemas auxiliares críticos..... 37
Tabla Nº 5. Niveles críticos asignados a los equipos..... 40
Tabla Nº 6. Niveles críticos asignados a las P&R..... 42
Tabla Nº 7. Horas equivalentes de operación por unidad generadora..... 44
Tabla Nº 8. Porcentaje de faltantes para el mantenimiento tipo C..... 44
Tabla Nº 9. Porcentaje de faltantes para el mantenimiento tipo B..... 45
Tabla Nº 10. Porcentaje de faltantes para el mantenimiento tipo A..... 45
Tabla Nº 11. Porcentaje de faltantes para los mantenimientos de mayor frecuencia..... 45
Tabla Nº 12. Porcentaje de P&R por tipo de compra..... 48
Tabla Nº 13 Fechas para la realización de cada tipo de inspección asumiendo régimen operacional continuo..... 60
Tabla Nº 14. Dimensiones de los estantes del área de partes y repuestos..... 62
Tabla Nº 15. Dimensiones de los estantes del cuarto de tarjetas electrónicas..... 62
Tabla Nº 16. Ubicaciones de las P&R en el almacén 001..... 63
Tabla Nº 17. P&R por estantes en el almacén 001..... 64
Tabla Nº 18. Partes y repuestos con mayor número de salidas..... 65
Tabla Nº 19. Costos de inventario..... 70
Tabla Nº 20. Porcentaje de los costos finales para la disponibilidad de las P&R..... 71

ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. Nº 1. Estructura organizativa de la planta O.A.M..... 4
Fig. Nº 2. Factores de los que depende el comportamiento de un equipo en funcionamiento..... 23
Fig. Nº 3 Procesos de investigación..... 27
Fig. Nº 4 Conjunto constructivo..... 29
Fig. Nº 5 Flujo-grama del proceso de generación..... 31
Fig. Nº 6 Programa de las actividades para las tomas de vibraciones..... 35
Fig. Nº 7. Flujo-grama de las actividades realizadas por el grupo de compras de generación (G.C.G)..... 47
Fig. Nº 8. Criterio de atención del G.C.G..... 51
Fig. Nº 9. Transacción SAP R/3..... 54
Fig. Nº 10. Flujo-grama de las actividades de compras y seguimiento del proceso..... 56
Fig. Nº 11. Plano almacén 001..... 62
Fig. Nº 12. Disposición de los materiales..... 66
Fig. Nº 13. Logística actual para la disponibilidad, recepción y despacho de los materiales del almacén..... 68
Fig. Nº 14. Oportunidades de mejora..... 73
Fig. Nº 15. Estructura de la propuesta de mejora..... 75
Fig. Nº 16. Estrategias de mejora..... 76
Fig. Nº 17. Ficha propuesta para la mejora de la descripción de los repuestos..... 77
Fig. Nº 18. Actividades del proceso de atención de las solpeds con niveles de prioridad... 78

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico Nº 1. Proporción de equipos por categoría..... 39
Gráfico Nº 2. Resultados de la clasificación de equipos por sistemas..... 39
Grafico Nº 3. Resultados de la clasificación de partes y repuestos críticos..... 41
Grafico Nº 4. Resultado de la clasificación de las P&R críticos por sistema..... 42
Gráfico Nº 5. Reflejo de la gestión de compra..... 49
Gráfico Nº 6. Materiales no tratados..... 49
Gráfico Nº 7. Proporción de partes y repuestos en espera..... 58
Gráfico Nº 8. Proporción de partes y repuestos en espera por tipo de compra..... 59
Gráfico Nº 9. Partes y repuestos en espera y faltantes..... 59
Gráfico Nº 10. Proporción de sobrantes del total de parte y repuestos estudiadas..... 60

SINOPSIS

La Planta Oscar Augusto Machado (O.A.M), de la Electricidad de Caracas, es una planta encargada de generar energía eléctrica, para ello cuenta con cinco unidades de turbinas a gas las cuales pueden producir nominalmente, bajo condiciones ideales de temperatura, humedad y presión, 100MW cada una.

Estas unidades exigen la realización de mantenimientos preventivos que les permitan conservar sus condiciones de operación en términos de alta confiabilidad y disponibilidad. En la actualidad una serie de mantenimientos preventivos están siendo aplazados a causa de la escasez de los repuestos necesarios para la realización de dichas tareas, es por ello que en la planta O.A.M ha surgido la necesidad de ajustar todas aquellas actividades que son llevadas a cabo para lograr la disponibilidad de estos componentes, a las nuevas normativas asociadas a las importaciones dictadas por el Gobierno Nacional, así como a las recientes normas establecidas dentro de la organización que regulan y exigen una serie de actividades dentro de la procura de los materiales a raíz de la centralización de las compras.

En tal sentido, en la presente investigación se estudiaron los procesos de procura, manejo y control, asociados a la disponibilidad de las partes y repuestos críticos de las unidades turbo-generadoras a gas, definiendo como crítico a aquel repuesto o parte cuya indisponibilidad pueda afectar el correcto desempeño de las unidades o en el peor de los casos la parada de la turbina.

Para poder realizar este estudio fue necesario, primeramente, describir las características de las turbinas, así como los requerimientos, planes y programas de los mantenimientos preventivos de estas unidades. Este primer objetivo permitió identificar a las partes y repuestos que son cambiadas en cada tipo de mantenimiento estudiado, para posteriormente clasificarlas en tres categorías críticas, las cuales se definieron como crítico 1, 2 y 3, dependiendo del la importancia de estos componentes en el funcionamiento de la unidad generadora. En el levantamiento de información fue necesario utilizar herramientas como: tormentas de ideas, listados de equipos, partes y repuestos, manuales del fabricante, así como entrevistas con el personal de mantenimiento y de operaciones de la planta, gráficos de barras, tortas, tablas y figuras. Lo anterior expuesto permitió determinar las cantidades de partes y repuestos más

criticas y sobre las cuales debe existir un estricto control, tanto en su compra como en el manejo de su inventario.

Una vez alcanzados los objetivos antes descritos se pudo levantar la información necesaria para conocer la logística actual de los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos, así como determinar los costos relacionados con la disponibilidad de estos materiales. Durante esta fase fue necesario el uso de la herramienta SAP R/3, entrevistas al personal administrativo y de la Unidad de Aprovisionamiento Estratégico de Generación, la intranet de la empresa y del Master de Operaciones, así también se utilizaron gráficos de barra, tortas, diagramas de flujo, cuadros, fotos y tablas. Este levantamiento de información permitió conocer el desempeño de las actividades realizadas dentro de los tres procesos estudiados para determinar los diferentes puntos de mejora en cada actividad, en búsqueda de la mayor y mejor disponibilidad de los recursos más importantes, los cuales en este caso son las partes y repuestos críticos de las turbinas a gas.

Conocidas las oportunidades de mejoras, se platearon estrategias para conformar una propuesta, la cual resultó factible a nivel económico, técnico, operativo y psicosocial, que busca la realización de cambios en los procesos a nivel de la comunicación, seguimiento y planificación logrando a su vez la mejora en los niveles de stock de las partes y repuestos críticos.

INTRODUCCIÒN

Hoy en día es posible llevar a cabo un sin número de actividades que contribuyen al crecimiento integral de la sociedad, tanto desde el punto de vista científico y tecnológico, como industrial, cultural y económico gracias a la generación de energía eléctrica, es por ello que ésta se ha convertido en uno de los servicios sociales de mayor demanda e importancia en nuestro medio y en tal sentido la satisfacción de sus requerimientos se hace imprescindible.

La correcta y precisa disponibilidad de los repuestos necesarios para los mantenimientos preventivos que deben realizarse a las unidades de generación en una planta de energía eléctrica, permite hablar de altos niveles de disponibilidad y confiabilidad que garantizan el cumplimiento del régimen operacional demandado por los clientes de este servicio.

Es por esto que en la actualidad las empresas eléctricas deben ajustar los procesos logísticos llevados a cabo dentro de su cadena de suministros, a cualquier situación que se presente tanto a nivel *interno*, cambio de normativas de la compañía que regulan los procesos de la cadena, *o externo*, nuevas normas y resoluciones dictadas por el Gobierno Nacional.

Partiendo de estas premisas el presente trabajo especial de grado tuvo como objetivo proponer mejoras para los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos de las turbinas a gas en la planta generadora de energía eléctrica Oscar Augusto Machado (O.A.M), perteneciente a la Electricidad de Caracas.

El trabajo ha sido estructurado en seis Capítulos, los cuales se describen a continuación:

El **Capitulo I** presenta el planteamiento del problema, las interrogantes de la investigación, la justificación, los objetivos, tanto el general como los específicos, el alcance de la investigación y las limitaciones que se presentaron a lo largo del desarrollo del trabajo investigativo.

En el **Capitulo II** se presentan los antecedentes de la investigación así como las bases teóricas sobre las cuales se orientó el estudio realizado para la definición de las estrategias de mejoras planteadas en el Capítulo V.

El **Capitulo III** contiene la metodología empleada por el investigador así como la definición del tipo y diseño de investigación.

En el **Capítulo IV** se presentan los resultados y el análisis realizado en función a las características observadas en los procesos estudiados.

El **Capítulo V** contiene las oportunidades de mejora encontradas luego de realizar el análisis de la situación detectada en el estudio llevado a cabo. Este capítulo además contiene las estrategias propuestas para la mejora de los procesos investigados.

En el **Capítulo VI** se presentan las conclusiones y las recomendaciones derivadas de los resultados obtenidos en el estudio realizado.

En la sección final del documento se presenta la bibliografía consultada para la realización de la investigación. Además de los capítulos ya descritos, el trabajo cuenta con un tomo de anexos que sustentan los resultados presentados en el capitulo IV.

CAPITULO I

EL PROBLEMA

I.1- Planteamiento del problema

La empresa "La Electricidad de Caracas", tiene como misión generar, transmitir y distribuir energía eléctrica de forma eficiente y confiable, siendo pionera en el servicio eléctrico en Venezuela.

En la actualidad posee, consolidando los datos de las empresas filiales, una capacidad de generación de 2.005.910 KW y atiende hoy en día al 27% de la población, sus ventas alcanzan el 18% del total nacional. Este servicio es prestado en la zona Metropolitana de Caracas y en zonas aledañas como Los Teques, Guarenas, Guatire, también presta servicio a la ciudad de San Felipe en el estado Yaracuy.

La Empresa se inicia cuando el Sr. Ricardo Zuloaga firma el 07 de septiembre de 1885, el proyecto inicial, el cual propone la formación de una compañía anónima con el objeto de vender y utilizar energía eléctrica en Caracas; luego de esto se reúne el 25 de octubre de ese mismo año con los señores Alberto Smith, José Antonio Mosquera hijo y Eduardo Montalbán, los cuales convienen en formar la compañía.

En el año de 1968, cuando se observó que las instalaciones de la Electricidad de Caracas no eran suficientes para soportar las cargas en las horas pico, se decidió instalar una unidad de 60 MW accionada por cuatro turbinas jet; fue cuando surgió la planta "OSCAR AUGUSTO MACHADO" (O.A.M). El sitio escogido para el asentamiento de esta planta fue Santa Cruz de Caricuao ubicado en el Km.8 de la carretera Panamericana. Se eligió este lugar motivado a que las turbinas a gas consumen grandes cantidades de aire atmosférico, siendo lo más conveniente para la eficiencia que este sea lo más puro y fresco posible, además que la extensión de la planta es 76.000 metros cuadrados facilitando la instalación de la misma y de los servicios necesarios.

La planta contaba con 8 unidades turbo-generadoras, la unidad Nº 1 fue puesta en servicio en noviembre de 1969, con capacidad para generar 60 MW. Las unidades O.A.M Nº 2, 3, 4,5 y 6 marca Brown Boveri, de fabricación Suiza, fueron puestas en servicio en el año de 1973 con la excepción de la Nº 6 que fue puesta en servicio en 1974.

Por último las unidades 7 y 8 de la empresa fabricante japonesa Hitachi fueron instaladas y puestas en servicio en el año de 1978 con capacidad de 22 MW cada una.

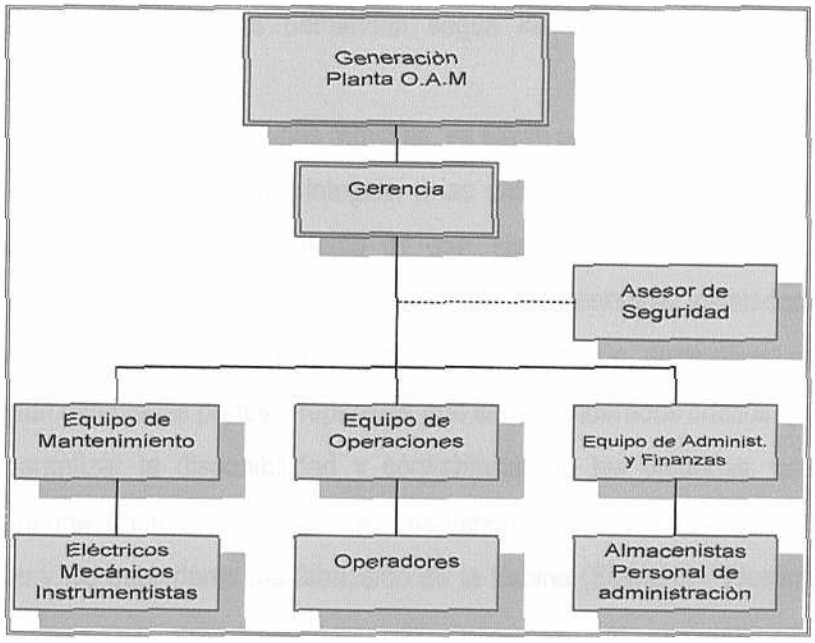
A partir del año 1992 se pone en marcha un proyecto para repotenciar y modernizar la planta mediante la instalación de unidades turbo-generadoras de la empresa Westinghouse modelo W501D5, con una capacidad de 100 MW ISO, (en condiciones de presión, temperatura y humedad ideales) cada una.

La planta cuenta ahora con cinco unidades de turbinas a gas luego de que en el mes de noviembre de 2000 se terminara la instalación de la unidad O.A.M Nº 13, de marca Siemens-Westinghouse modelo W501D5, la cual fue puesta en servicio en enero de 2001. Con esta unidad la capacidad instalada nominal de la planta aumentó hasta 500 MW ISO.

Estas unidades pueden ser operadas a control remoto o local y puestas en servicio a plena carga en un periodo de tiempo muy corto, además funcionan tanto con gas natural como fuel-oil, este último considerado como combustible de respaldo para condiciones de emergencia.

La instalación de estas unidades ofrece una generación de energía eléctrica en forma más limpia y un mejor aprovechamiento de los recursos naturales como el gas, debido a que son más eficientes desde el punto de vista térmico.

Figura Nº 1. Estructura organizativa de la Planta O.A.M



Fuente: Planta O.A.M

Dentro de los mantenimientos preventivos que se realizan a las unidades que conforman la planta, se llevan a cabo tres tipos de inspecciones. La Tipo C (COMBUSTION) que se realiza a los combustores cada 8.000 horas de operación de la unidad y se incluyen todos los componentes de la combustión, tales como piezas de transición ó toberas de descarga de los gases calientes y tubos cruza llamas. Tipo B (HOT GAS PATH) se realiza a la turbina cada 24.000 horas de operación, incluye todos los componentes que estén en contacto con el paso de los gases calientes y los componentes de la combustión. En la inspección de la sección de la turbina (gases calientes), se accesa al rotor para limpiar e inspeccionar todos los álabes, diafragmas y sellos Inter-etapas de la misma. Tipo A (MAYOR), se realiza cada 48.000 horas de operación y se incluyen el mantenimiento tipo C, el tipo B y el compresor axial. En el compresor se inspeccionan los diafragmas, álabes móviles y los cojinetes principales. El rotor turbina-compresor es desmontado en su totalidad y son revisados sus sellos.

Para poder realizar de manera adecuada cada una de estas inspecciones, se debe contar siempre con las cantidades suficientes de elementos como tornillos y empacaduras ya que estos son removidos en cada mantenimiento mayor para poder desmontar partes de la turbina que necesitan ser revisadas. Por esta razón y por el hecho de que son piezas no reparables, los repuestos de dichas partes son de primera necesidad y consideradas críticas para realizar los mantenimientos que las unidades demandan según las horas equivalentes de operación acumuladas.

Además de las tres inspecciones mayores, se llevan a cabo mantenimientos rutinarios en los diferentes sistemas auxiliares que integran a las unidades, entre los cuales se consideran críticos el sistema de lubricación, sistema de gas, sistema de gas-oil, sistema de aire de instrumentación y el sistema aire-aire. En estos sistemas se encuentran instalados equipos (como válvulas, filtros, bombas, divisores de flujo, reguladores de presión, entre otros) muy importantes a los cuales le son cambiadas partes y repuestos que son considerados críticos.*

Para garantizar la disponibilidad y confiabilidad de las unidades, es imprescindible realizar una buena planificación de los mantenimientos preventivos apoyada en las especificaciones y los estándares del fabricante de la turbina (Siemens - Westinghouse Service

* La descripción de las características de las turbinas de combustión de la planta O.A.M, con sus partes y componentes, se detallan en el capitulo IV.

Bulletin PH - 36803) y de los proveedores de los diferentes equipos, mecánicos, eléctricos y de instrumentación que se encuentran instalados en los sistemas de las unidades.

En tal sentido, es importante contar con las partes y repuestos críticos, tanto mecánicos como de instrumentación, que aseguren la correcta ejecución de los mantenimientos, garantizando la operatividad y el buen funcionamiento de las turbinas. Para esto se hace cada vez más necesario en la organización de la planta O.A.M mejorar la logística de los procesos de procura, manejo y control de los materiales, que en su mayoría son de importación, para ajustarse a la creciente complejidad en cuanto a la adquisición de divisas extranjeras, trámites aduanales, permisos y pago de impuestos así como a las nuevas actividades del proceso de procura debido a las políticas vigentes de la empresa que establecen, desde finales de 2003, la centralización y nuevas normativas para la realización de las compras, evitando así problemas con la carencia de las partes y repuestos críticos que afecten el funcionamiento de las unidades de generación de la planta.

Al ajustar la logística de los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos se busca mantener alta disponibilidad y confiabilidad de las unidades de generación, lo cual tiene una influencia positiva en el área operativa de la empresa. Por otro lado el buen manejo de las partes y repuestos y definir los puntos de control claves para una buena gestión del almacén, permitirá optimizar el nivel de costos de inventario, mejorando el flujo de caja de la empresa.

Ante toda la problemática anteriormente planteada surgen las siguientes interrogantes:

¿Cómo debe ser la planificación para la compra de las partes y repuestos?

¿Qué aspectos se deben mejorar a nivel de los procesos de procura, manejo y control para lograr ajustar la planificación de la compra de los componentes críticos a la actual situación?

Buscando dar repuesta a estas interrogantes, a través de una propuesta de mejora, surge el presente trabajo investigativo.

I.2.- Justificación

En la actualidad la mayoría de las empresas venezolanas se encuentran en un proceso de adaptación a las nuevas obligaciones pautadas por el Gobierno Nacional para los trámites de importación de mercancías.

En el caso particular de la planta O.A.M de la Electricidad de Caracas, existe otro factor que obliga la inmediata atención por parte de los planificadores de los recursos, como lo es la entrada en vigencia de nuevas normativas que regulan los procesos internos para la procura. Como consecuencia de estas dos realidades en la planificación de los requerimientos de materiales se deben ajustar los tiempos a los del proceso actual y mejorar aspectos que puedan afectar la logística empleada para la disponibilidad de los repuestos. Por esta razón se realizó un estudio a nivel de la situación del proceso de compras, control y manejo de los materiales, que permitiera detectar debilidades y proponer mejoras en la planificación de los requerimientos de los repuestos más importantes para la realización de los mantenimientos preventivos de la planta, lo que se traduciría en mayor disponibilidad y confiabilidad de las turbinas y en menores costos de inventario.

I.3.- Objetivos de la investigación

I.3.1.- Objetivo general

Proponer mejoras para los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos de las cinco unidades generadoras a gas en una planta de energía eléctrica.

I.3.2.- Objetivos específicos

- Describir las características de las turbinas, así como los requerimientos, planes y programas de los mantenimientos preventivos de estas unidades.
- Identificar las partes y repuestos críticos de las unidades de generación.
- Conocer la logística actual para los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos.
- Determinar los costos relacionados con el proceso de procura y disponibilidad de las partes y repuestos críticos.
- Identificar las oportunidades de mejora en los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos.
- Diseñar las estrategias requeridas en los procesos de procura, manejo y control, que *contribuyan a la mejora de los mantenimientos.*

I.4.- Alcance

La presente investigación abarcó la realización de un estudio que permitiera conocer la logística actual en las actividades de compra, manejo y control de las partes y repuestos críticos

de las cinco unidades de generación de energía eléctrica, que conforman la planta, para diseñar y proponer las mejoras que se deben llevar a cabo dentro de los procesos.

El estudio se basó en el levantamiento de los procesos actuales considerando la situación del almacén (en cuanto al sistema de control de inventario y disposición, de las partes y repuestos), el manejo de las partes y repuestos críticos y las actividades para la procura, donde se investigó acerca del mercado de proveedores, el flujo de la información, los procedimientos administrativos y la práctica; conociendo así a fondo todas las variables que afectan la logística empleada en los procesos que se realizan actualmente para la disponibilidad de los recursos

En este estudio sólo se tomaron en cuenta las partes y repuestos no reparables que se consideran críticos en la operatividad de las unidades a la hora de realizar las inspecciones tipo A, B y C y en los diferentes mantenimientos que se llevan a cabo de manera rutinaria en los sistemas de aire de instrumentación, gas, combustible líquido, aceite lubricante y el sistema aire-aire que es donde están instalados equipos mecánicos y de instrumentación más críticos.

De las partes y repuestos de la turbina sólo se contemplaron la tornillería y empacaduras ya que los demás componentes que el fabricante recomienda cambiar en cada tipo de inspección son partes reparables cuya gestión de compras depende, no de un sistema de control de inventario sino de la evaluación del fabricante dependiendo del estado de deterioro y la vida útil de la pieza.

I.5.- Limitaciones

Durante la realización del trabajo investigativo el factor limitante en todo momento fue la inexistencia de material escrito que pudiera definir los procesos estudiados, lo cual implicó el levantamiento de información a través de preguntas continuas a los encargados de realizar las actividades investigadas; esta situación se tradujo en mayor tiempo para el logro de los objetivos ya que se dependía directamente de la disponibilidad de tiempo de terceras personas.

La inexistencia de indicadores de gestión de las actividades tratadas implicó que se tuviera que levantar toda la información desde lo más básico para poder interpretar y discutir los resultados obtenidos. Esta situación también trajo como consecuencia mayor tiempo de análisis y dificultó el proceso de obtención de la información necesaria.

CAPITULO II
MARCO TEÓRICO

II.1- Antecedentes de la investigación

Araujo, H. (2004) **"Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos asociados a las turbinas de la plata termoeléctrica Oscar Augusto Machado."** Trabajo de grado no publicado en la UCAB.

En este Trabajo se realizó un estudio para identificar los sistemas auxiliares de la turbina, más críticos, tomando en cuanta valores como: la frecuencia de fallas presentadas en el sistema, los equipos que lo componen, las horas de servicio y peligrosidad de la falla.

Para lograr definir el nivel crítico de cada sistema se asignaron puntajes entre el uno (1) y el cinco (5) a cada aspecto estudiado, permitiendo al final de las asignaciones identificar cuales eran los sistemas más críticos, debido a que la multiplicación de todos los puntos obtenidos daban como resultado un valor que se encontraba en el rango: Crítico, Semicrítico y No crítico.

Gracias a esta clasificación se pudo identificar que los sistemas más importantes o críticos son los siguientes:

- Sistema de Aire de Instrumentación.
- Sistema Aire-Aire.
- Sistema Fuel-Oil.
- Sistema de gas combustible.
- Aceite lubricante.

los cuales fueron tomados como punto de partida para la realización de este trabajo.

II.2.- Bases Teóricas

II.2.1.- Conceptos Básicos

- **Propuesta**

Según la vigésima segunda edición del diccionario de la Real Academia Española (2001), una propuesta es la proposición o idea que se manifiesta y ofrece a alguien para un fin.

Propuesta, según el diccionario El Pequeño Larousse Ilustrado (1980), es el acto de manifestar una cosa.

Tomando en consideración estos conceptos, se puede definir propuesta como la presentación de una idea para la solución de algún problema o mejora de una situación.

- **Proceso**

Según el Manual de Ingeniería y Organización Industrial, Maynard (1985), un proceso es "una serie prevista de acciones u operaciones que hacen avanzar un material o procedimiento desde una fase de realización a otra."(p.1598)

Así también, proceso se puede definir como el conjunto de actuaciones, decisiones, actividades y tareas que se encadenan de forma secuencial y ordenada para conseguir un resultado que satisfaga plenamente los requerimientos del cliente al que va dirigido. (http://calidad.umh.es/curso/procesos.htm)

Considerando estas definiciones se puede decir que un proceso no es más que la sucesión de pasos y decisiones que se siguen para realizar una determinada actividad o tarea, en este caso particular la adquisición y disponibilidad de partes y repuestos críticos.

- **Mejora de los procesos**

Para James Harrington (1993), mejorar un proceso, significa cambiarlo para hacerlo más efectivo, eficiente y adaptable, qué cambiar y cómo cambiar depende del enfoque específico del empresario y del proceso.
(http://www.estrucplan.com.ar/Producciones.)

- **Procura**

Según la vigésima segunda edición del diccionario de la real academia Española (2001), la procura es la acción y efecto conseguir o adquirir algo.

Tomando en consideración la definición anterior la procura se considera el conjunto de actividades que conllevan a la localización y adquisición de bienes y servicios de la cadena de suministros en un sistema logístico.

- **Repuesto**

Según la vigésima segunda edición del diccionario de la Real Academia Española (2001), un repuesto es la pieza destinada a sustituir en caso necesario a otra igual de una máquina, aparato o instrumento.

El Pequeño Larousse Ilustrado (1980), define repuesto como una pieza de recambio.

Se puede definir entonces como repuesto a todo aquel material cuya función es sustituir a un componente o parte que no se encuentre en óptimas condiciones.

- **Tiempo de Reposición**

Para Ballou (1991), el tiempo de reposición o de abastecimiento, "es el tiempo que transcurre entre la emisión de un pedido de reaprovisionamiento y la recepción de las mercancías en el inventario". (p.407)

El tiempo de reposición (lead time), según Díaz (1991) "es el tiempo comprendido entre la detección de la necesidad de comprar una cierta cantidad de un material y el momento en que este llega físicamente al almacén". (p.28)

Sobre la base de los conceptos formulados por los autores anteriores, se puede definir el tiempo de reposición como el lapso en el que se llevan a cabo completamente todas las actividades que tienen como fin último la disponibilidad de los materiales en el almacén.

- **Logística**

Es el conjunto de actividades que realiza un empresario desde que inicia la compra de insumos (consumibles / desgastables que sirve para la creación de un producto) y materia prima

hasta la entrega del producto terminado al cliente, incluyendo el transporte de cualquier tipo, la producción, embalaje, almacenamiento y distribución de sus productos. (http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes)

De acuerdo al CEL (Centro Español de Logística), define que la logística es percibida como una herramienta de obtención de competitividad, que realiza actividades de valor agregado o valor añadido que redundan en el incremento de la rentabilidad de las empresas. (http://www.todologistica.com/verpubli.asp)

En definitiva la logística es la ubicación de los recursos en el lugar adecuado y en el tiempo convenido y se aplica para la gestión efectiva de la cadena de suministro (supply chain) ó cadena logística.

- **Gestión**

Según la guía teórica del manual ISO 9000:2000 la gestión "es el proceso de planificación, organización, liderazgo, control y dotación del personal, para llevar a cabo la solución de tareas de forma eficaz."(p.5)

- **Indicador**

Para Van Dilleewijn (2003), en su material del curso de Indicadores de Control de Gestión, "un indicador es un recurso matemático que genera un valor o un gráfico que permite formarse una idea sobre la marcha o status de un proceso y que puede servir para tomar una decisión." (p.C)

- **Eficiencia, Eficacia y Efectividad**

Beas A., José A., en su artículo: *Dirección y Management,* publicado en: (www.rrhhmagazine.com), dice que la "*Eficiencia* consiste en realizar un trabajo o una actividad al menor costo posible y en el menor tiempo, sin desperdiciar recursos económicos, materiales y humanos; pero a la vez implica calidad al hacer bien lo que se hace"

Para Beas, *Eficacia* "se refiere a los resultados en relación a las metas y cumplimiento de los objetivos organizacionales."

Drucker uno de los autores de mayor prestigio en la administración (citado por Beas en este mismo artículo), define que un líder debe tener un desempeño eficiente y eficaz a la vez, pero aunque la eficiencia es importante, la eficacia es aún más decisiva, de igual forma manifiesta que la clave del éxito de una organización es la Eficacia.

La *efectividad* según el material del curso de Indicadores de Control de Gestión, dictado por el van Dillewijn, J. (2003), "es la suma de la eficiencia y la eficacia." (p.C)

Entonces se puede decir que la eficiencia y la eficacia se interrelacionan. Así pues dentro de cualquier organización siempre se debe ir en búsqueda se altos niveles de efectividad en las tareas o actividades llevadas a cabo para cada uno de sus procesos.

- **Cuello de Botella**

Para Chase y Aquilano (2000), un cuello de botella se define como "cualquier recurso cuya capacidad es inferior a la demanda colocada sobre este."

Así mismo; Chase y Aquilano definen también que un cuello de botella "es una limitación dentro del sistema que limita la demanda atendida y es el punto dentro del proceso de fabricación en donde el flujo se reduce a una corriente estrecha" (p.798)

- **Disponibilidad y Confiabilidad**

La *Disponibilidad* diverge de la duración del tiempo en servicio por operaciones, y es una medida de qué tan frecuente el sistema está bien y listo para operar. Esta es frecuentemente expresada como (tiempo en servicio)/ (tiempo en servicio + tiempo en parada) con muchas variantes.

La *Confiabilidad* se relaciona con la reducción en la frecuencia de las fallas en un intervalo de tiempo, y es una medida de la probabilidad para una operación libre de fallas, durante un intervalo de tiempo dado; así, es una medida del éxito para una operación libre de fallas.

(http://www.soporteycia.com.co)

II.2.2.- Inventarios.

Los inventarios o stocks, como menciona Díaz (1991), "son la cantidad de bienes que una empresa mantiene en existencia en un momento dado."

Los inventarios en una primera aproximación pueden ser de alguno de los tipos siguientes:

- Materia prima o insumos.
- Materia semielaborada o productos en proceso.
- Productos terminados.
- Materiales para soporte de las operaciones. (p.18)

II.2.2.1- Costos de inventarios

La gestión de inventarios implica cuatro costos básicos:

1. **Costos de almacenamiento, de mantenimiento o posesión de stocks.**

Incluyen todos los costos directamente relacionados con la titularidad de los inventarios, tales como:

- Costos financieros de las existencias.
- Gastos del almacén.
- Seguros.
- Deterioros, pérdidas y degradación de la mercancía.

2. **Costos de lanzamiento de pedido.**

Incluye los costos en los que se incurre cuando se lanza una orden de compra.

- Costos implícitos del pedido: costos de preparación de las máquinas, costos de conseguir lugar en el almacén de recepción (movilización de mercancías o transporte a otras localizaciones por ejemplo), costos de transporte exclusivamente vinculados al pedido, costos de supervisión y seguimiento de la necesidad de lanzar un pedido, etc.
- Costos administrativos vinculados al circuito del pedido.
- Costos de recepción e inspección.

3. **Costos de adquisición**

Es la cantidad total invertida en la compra de la mercancía, o el valor contable del producto, cuando se trata de material en curso o productos terminados.

4. Costos de ruptura de stocks

Los costos de ruptura o de rotura de stocks incluyen el conjunto de costos por la falta de existencias.

Los criterios para valorar estos costos de ruptura son:

- Disminución del ingreso por ventas: La no integridad contable por falta de referencias en un pedido realizado, supone una reducción de los ingresos por ventas, tanto por el desplazamiento en el tipo de la fecha de facturación, como por la pérdida absoluta de la pérdida.
- Incremento de los gastos del servicio: Aquí se incluyen las penalizaciones contractuales por retrasos de abastecimiento, paradas en el proceso de producción, los falsos fletes etc.

(http://winred.com/EP/articulos)

II.2.3.- Modelos para el control de inventario

Ballou (1991) dice: "Ford Harris, de Westinghouse Electric Company, formuló un modelo básico para el problema de pedidos sucesivos, en 1915. Se le conoce como modelo de la cantidad económica de pedido, CEP (Economic Order Quantity, EOQ)."

La formulación de este modelo sirve de base a las cuatro políticas fundamentales de inventario:

Sistema Q. Con esta política se realiza una revisión continua de los niveles de inventario, de modo que cuando el nivel de stock del artículo baja de una cantidad preestablecida, punto de pedido (R), se lanza un pedido de reaprovisionamiento por una cantidad (Q) El intervalo entre pedidos varía, pero la cantidad de pedido es fija.

Sistema P. Bajo esta política los niveles de inventario se revisan a intervalos fijos de tiempo (T) y se lazan pedidos de reaprovisionamiento por la diferencia entre un nivel máximo fijado (M) y la cantidad (q) en Stock en el momento de la revisión.

Sistema R-M, o Min.-máx. El sistema R-M es una variación de sistema Q. Se realiza una revisión continua del nivel de stock y se lanza un pedido de reaprovisionamiento cuando la cantidad disponible alcanza o baja del nivel R.

Sistema T-R-M. Este sistema combina las características de los sistemas P y Mín.-máx. El nivel de inventario se revisa cada T unidades de tiempo para ver si la cantidad disponible ha

bajado del punto de pedido (R) Si es así se lanza un pedido de reaprovisionamiento por una cantidad M-q.

II.2.3.1- Modelos para el sistema Q

En multitud de situaciones prácticas un modelo sencillo para decisiones de inventarios puede resultar más útil que uno complicado. Un modelo sencillo proporcionará las líneas generales del control de inventarios y para utilizarlo eficientemente no es necesaria ni una gran cantidad de datos ni unos conocimientos avanzados de matemáticas. El modelo básico CEP es de este tipo.

El modelo CEP recoge la situación en que la demanda, el tiempo de abastecimiento y todos los costes relevantes se conocen y son constantes en el tiempo. Además no se permite rotura de stock (lo cual es razonable ya que se conocen la demanda y el tiempo de abastecimiento) y el pedido completo se recibe al mismo tiempo.

Cuando el nivel de inventario alcanza el punto de pedido, que se fija como la cantidad necesaria de stock para cubrir la demanda durante el tiempo de abastecimiento, se lanza un pedido de reabastecimiento. Se supone que el pedido llega cuando el último artículo sale del inventario y el nivel de inventario aumenta hasta un nivel igual a la cantidad pedida. El ciclo se repite continuamente.

Se sabe que la decisión estratégica es determinar la cantidad óptima de pedido (Q*) y cuándo se debe lanzar el pedido. Para plantear este problema de toma de decisión es necesario plantear primerota ecuación de costes totales relevantes.

Dentro de los costos que se deben tener en cuenta para la implementación de este modelo están:

- **Costos de pedido:** Son los que incluyen los costos fijos de oficina para colocar y recibir un pedido, o sea, el costo de preparación de una orden de compra, procesamiento y la verificación contra entrega. Estos se expresan en términos de gastos o costos por pedido.
- **Costos de mantenimiento del inventario:** Son los costos variables unitarios de mantener un artículo en el inventario por un periodo determinado. Entre los más comunes se encuentran los costos de almacenamiento, los costos de seguro, los costos de deterioro y

obsolescencia y el costo de oportunidad. Estos son expresados en términos de costos por unidad por periodo.

- **Costos totales:** Se determina como la suma del pedido y de los costos de mantenimiento del inventario. Su objetivo es determinar el monto de pedido que los minimice.

La ecuación de costes totales, para un periodo anual es:

$$CT(Q) = \frac{D}{Q} S + \frac{ICQ}{2}$$

Donde:

CT (Q)= costes totales anuales del inventario en función de la cantidad de pedido Q.

Q= Tamaño de cada pedido de reabastecimiento.

D= Demanda anual (en unidades).

S=Costes de adquisición (Dólares /pedido).

C= Valor de cada unidad mantenida en inventario.

I= Coste de mantenimiento, como porcentaje anual sobre (C%).

El término ***(D/Q)*S,*** recoge los costos de adquisición y ***(ICQ)/2,*** recoge los costes de mantenimiento.

Ahora se debe hallar la cantidad de pedido que minimice los costos totales. Esta búsqueda se realiza fácilmente mediante el cálculo diferencial, obteniendo:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

Siendo Q^* el tamaño óptimo de pedido que debemos lanzar cada vez que hagamos un reabastecimiento, ¿Cuándo debemos lanzar el pedido?

En el sistema Q, de control de inventario, debemos reservar suficiente stock para cubrir la demanda durante el tiempo de procesamiento transporte del pedido. (P.413-417)

II.2.4.- El almacén

El almacén es un espacio del que disponen casi todas las empresas, ya sea de mayor o menor tamaño, contenido y complejidad. Es un área desconocida dentro de la empresa, pero muy importante en el desarrollo de la organización.

En el ámbito de la gestión empresarial, el almacén se define como el lugar donde se guardan las existencias, materiales y herramientas. Los materiales guardados se refieren tanto a

necesidades productivas y comerciales como a elementos que garanticen el funcionamiento de la organización (mantenimiento, servicios generales, materiales diversos, etc.)

Su función básica es la de *"almacenamiento"*, entendiendo como tal la introducción de datos o productos en un archivo o lugar físico para ser guardados allí hasta el momento de su utilización.

(http://winred.com/EP/articulos)

II.2.5.-Políticas de almacenamiento

Sule (2001) establece como políticas de almacenamiento:

- **Semejanza física:** los artículos con características físicas comunes se agrupan en un área. Esto permite usar un tipo de equipo similar de manejo de materiales, y tener cuidados físicos parecidos para cada área.
- **Semejanza funcional:** se pueden guardar juntos los artículos relacionados funcionalmente.
- **Demanda:** en este sistema los artículos con movimiento intenso se guardan cerca de las áreas de recepción y embarque y los que tienen movimiento lento se le asignan espacios más lejanos.
- **Separación de existencias en reserva:** podría resultar beneficioso separar las existencias de reserva de las existencias de trabajo. Todas las existencias de trabajo se mantienen juntas en una zona compacta, de donde sea fácil tomarlas. Las existencias de reserva, de zonas exteriores, reabastecen las existencias de trabajo cuando haya necesidad.
- **Almacenamiento aleatorizado:** hoy con los sistemas modernos de procesamiento de información (sistemas computarizados de control de inventario) ya no es necesario asignar un lugar fijo y único de determinada clase de artículo. (p.400)

II.2.6 Manejo de materiales

Según Ballou (1991), "dentro del sistema de almacenamiento-manejo de mercancías, esta última actividad se concreta en tres actividades: carga, descarga, traslados dentro del almacén y preparación del pedido."

Carga y descarga: dentro de la cadena de actividades del manejo de materiales, la primera y la última siempre son la carga y la descarga de productos.

Traslación dentro del almacén: entre la carga y la descarga las mercancías pueden sufrir varios traslados. El primero de ellos se produce desde el punto de descarga al área de almacenamiento. Luego puede haber un movimiento al muelle de salida o a la zona de preparación de envíos. La actividad de traslado dentro del almacén puede llevarse a cabo por cualquiera de los diferentes tipos de equipos disponibles para el manejo de mercancías. Estos equipos varían desde carretillas y camionetas de dirección manual hasta los sistemas de almacenamiento y recuperación completamente automatizados.

Preparación de pedidos: la preparación de pedidos consiste en la recogida de las mercancías que especifican los pedidos de las áreas del almacén donde están ubicadas. Esta actividad puede tener lugar directamente en las áreas de almacenamiento o en zonas especiales (llamadas áreas de preparación de pedido) creadas para mejorar el flujo de las mercancías. (p.280)

Según Díaz (1991) "los materiales deben tener localizaciones físicas específicas que permitan las actividades normales del almacén, como son la entrada y salida de stock y la realización de inventarios físicos."

Algunos principios útiles para permitir un adecuado movimiento de materiales son:

- Un flujo de materiales e línea recta (recepción, almacenamiento, despacho) deberá ser planificado siempre que sea posible.
- Las áreas de recepción y despacho de materiales deberán estar separadas.
- Deben considerarse áreas separadas físicamente para los materiales de tipo reparable que aguardan ser enviados a reparar o acaban de ser reparados.
- Los materiales que requieran condiciones especiales de almacenamiento serán ubicados en áreas especiales acondicionadas.
- Los pasillos de circulación, aunque es un espacio no productivo, deberán ser suficientemente anchos para permitir la circulación de montacargas y otros vehículos. En general un acho de tres a tres y medio metros para pasillos principales, y de un metro a metro y medio para pasillos secundarios en los cuales no hay circulación de montacargas es suficiente. Todos los pasillos secundarios deberán fluir a un pasillo principal.

- Deberán establecerse áreas especialmente protegidas para materiales valiosos, especialmente si son fácilmente transportables o de aparente valor intrínseco, como es el caso de muchas herramientas.
- El área de recepción de materiales debe disponer de suficiente espacio para el control de calidad. (p.88)

II.2.7.- Control de los materiales

Es el conjunto de actividades que tiene como finalidad verificar la conformidad de los materiales y suministros desde la solicitud hasta la colocación en el proceso productivo.

Funciones del control dentro de la administración de materiales:

- Mantenimiento de los niveles de stock dentro de los límites establecidos, de acuerdo a los niveles de servicio requeridos por la empresa.
- Realiza la programación de la producción de forma que se obtenga la máxima rentabilidad del área de producción.
- Realiza las políticas de aprovisionamiento de forma que satisfagan las necesidades de planificación de la producción, así como que mantengan los Stock dentro de los límites establecidos.
- Realiza el seguimiento de entrega de los materiales, contactado directamente con los proveedores.

II.2.8.- Compras

Compras, según Carter (1994), "se refiere a las actividades necesarias para obtener los recursos materiales y servicios que requiere el sistema de manufactura, sea cual fuere el lugar del mundo donde existan estos recursos" (p.3)

Dentro de una organización las compras pueden ser definidas como las operaciones que se proponen suministrar, en las mejores condiciones posibles a los distintos sectores de la empresa, los materiales (materia prima y productos semiacabados, accesorios, bienes de consumo, máquinas, servicios, etc.) con las características mínimas necesarias requeridas por una empresa.

(http://www.ain.es/formacion)

Una vez conocidos los criterios anteriores, en relación al concepto de compras, esta se puede definir como el conjunto de actividades llevadas a cabo para lograr la procura de de los materiales bajo las mejores condiciones de precio, tiempo, calidad y servicio, en las cantidades correctas solicitadas y en el momento adecuado.

II.2.9.- El mantenimiento

El Centro Internacional de Educación y Desarrollo (CIED), filial de PDVSA (1995), define al mantenimiento como: "El conjunto de acciones orientadas a conservar o restablecer un sistema y/o equipo a su estado normal de operación, para cumplir un servicio determinado en condiciones económicamente favorable y de acuerdo a las normas de protección integral."

Para Moubray (1997), el mantenimiento significaba "Acciones dirigidas a asegurar que todo elemento físico continúe desempeñando las funciones deseadas". (p.43)

Por su parte Anzola (1992), lo describe como "Aquel que permite alcanzar una reducción de los costos totales y mejorar la efectividad de los equipos y sistemas". (p. 39)

A partir de los criterios formulados por los autores citados, en relación al concepto de mantenimiento, se puede definir como el conjunto de actividades que se realizan a un sistema, equipo o componente para asegurar que continúe desempeñando las funciones deseadas dentro de un contexto operacional determinado.

II.2.9.1- Diferentes tipos de mantenimiento

González A. (2003) en su guía: *Planes y Gestión de Mantenimiento*, define los mantenimientos a continuación:

-Preventivo: La acción de mantenimiento se ejecuta antes de la aparición de una falla (basado en los parámetros de diseño y condiciones de trabajo).

-Características del mantenimiento preventivo:

- Es esencialmente planificado y programado.
- De no ser predictivo se puede correr el riesgo de cambio de componentes muy prematuro (mal aprovechamiento de la vida útil) o tardío (se convierte en una acción correctiva).
- Se operan los equipos en mejores condiciones de seguridad.
- Reducción de inventarios (solo se compran con antelación las piezas necesarias).

- Vida útil a diseño.
- Su excesiva implementación puede aumentar costos.

Los siguientes mantenimientos son preventivos:

- Programado (basado en estándares).
- Rutinario (trabajos simples de mantenimiento).
- Predictivo (basado en la observación de tendencias, incluye tanto las inspecciones objetivas (con instrumentos) y subjetivas (con los sentidos), como la reparación del defecto (falla potencial).
- Mejora (basado en el análisis de las historias de los equipos).

-Correctivo: La acción de mantenimiento se ejecuta después de la aparición de la falla.

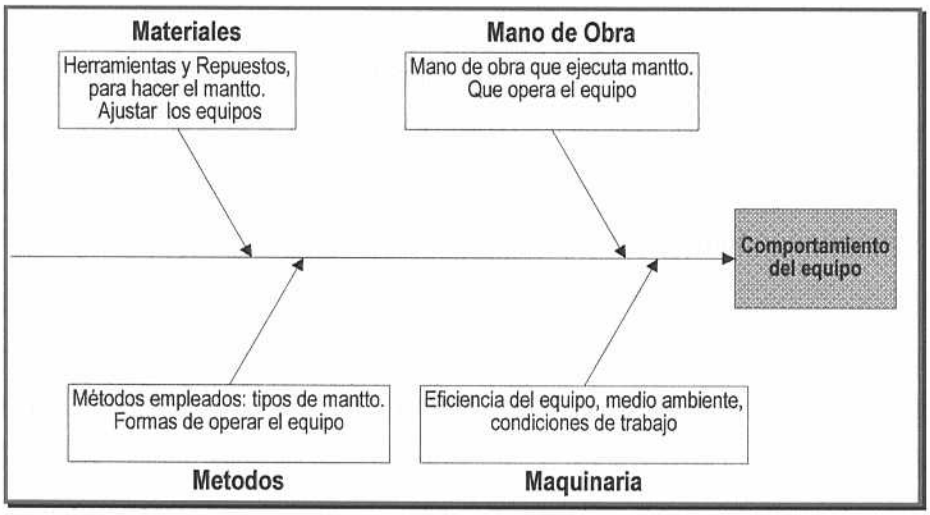
-Características del mantenimiento correctivo:

- Reparación de componentes secundarios como consecuencia del deterioro del órgano principal (sujeto de la falla).
- Costo de penalización por pérdida de producción.
- Su práctica en líneas de producción muy exigidas, a la larga produce el deterioro generalizado de los equipos de la línea, con secuela de efectos negativos en la vida útil del equipo o para la producción (calidad de diseño vs. calidad concordancia).

Los siguientes mantenimientos son correctivos:

- Avería o emergencia (atención inmediata).
- Programado (falla parcial).
- Circunstancial (según el azar) (p.7).

Fig. Nº 2. Factores de los que depende el comportamiento de un equipo en funcionamiento



Fuente: Alfredo G. 2002. Material digital de Gestión y Planes Mantenimiento

II.2.10.- Sistema SAP R/3

El sistema R/3 es un sistema "On-line" y en tiempo real diseñado para cubrir de forma global las necesidades de gestión o información de corporaciones de tipo medio/grande. Consta de un conjunto de módulos totalmente integrados que cubren una amplia variedad de funciones de negocio entre las que se incluyen: **PP**: planeación de la producción, **SD**: Ventas y distribución, **OC**: flujo de trabajo, **CO**: control, **MM**: gerencia de materiales , **HR**: recursos humanos, **QA**: gerencia de calidad, **AM**: gerencia de activos fijos, **PM**: mantenimiento de planta, **PS**: sistemas de proyecto, **IS**: soluciones industriales y **FI**: contabilidad financiera.

(http://usuarios.lycos.es/cblsap/)

II.2.10.1.- Módulo de gestión de materiales (MM)

Este módulo comprende todas las actividades y funciones logísticas relacionadas con la adquisición y el aprovisionamiento (compras) y el control (inventario, almacenes) de la cadena de suministro.

(http://usuarios.lycos.es/cblsap/)

CAPITULO III
MARCO METODOLOGÍCO

Teniendo conocimiento del problema tratado en la presente investigación, CAPITULO I, y establecido el marco teórico a través del CAPITULO II, se puede describir el diseño de la investigación y la metodología empleada para el logro de los objetivos planteados.

A continuación este capítulo establece el marco metodológico de la investigación, acorde con las siguientes definiciones:

Según Arias (1999), el marco metodológico "incluye el tipo o tipos de investigación, las técnicas y los procedimientos que serán utilizados para llevar a cabo la indagación" (p.45)

En términos más específicos, Balestrini (2002), describe el marco metodológico de la siguiente forma:

> El fin esencial del Marco metodológico es situar, en el lenguaje de investigación, los métodos e instrumentos que se emplearán en la investigación planteada, desde su ubicación acerca del tipo de estudio y el diseño de la investigación; su universo o población; su muestra; los instrumentos y las técnicas de recolección de datos. De esta manera se proporcionará al lector una información detallada acerca de cómo se realizará la investigación. (p.126)

III.1 Tipo y diseño de la investigación

Por la naturaleza de los objetivos y del problema planteado, la investigación es de tipo proyectiva (modalidad de proyecto factible) y es presentada bajo la forma de un diseño de campo de alcance descriptivo.

III.1.1.- Investigación proyectiva

Hurtado (1998), proporciona una descripción completa de la *investigación proyectiva*, que "consiste en la elaboración de una propuesta o de un modelo, los cuales constituyen una solución a un problema o necesidad de tipo práctico". (p.311). a continuación Hurtado de B. (1998), dice que "se pueden ubicar como proyectivas, todas aquellas investigaciones que conducen a inventos, a programas, a diseños o a creaciones dirigidas a cubrir una determinada necesidad, y

basadas en conocimientos anteriores." (p.311). También la autora explica que en efecto, la investigación proyectiva trasciende el campo del 'cómo son ' las cosas para entrar en el 'cómo podrían o cómo deberían ser ' en términos de necesidades, preferencias o decisiones de ciertos grupos humanos."(p.312)

Finalmente Hurtado de B. (1998) menciona "En función de esta información, el investigador debe **diseñar o crear una propuesta** capaz de producir los cambios deseados." (p.314)

Considerando lo expuesto por Hurtado de B., la presente investigación se puede definir como proyectiva, ya que propone las mejoras que deben realizarse en la logística para los procesos de procura, manejo y control, a fin de garantizar la correcta disponibilidad de las partes y repuestos críticos necesarios en las labores de mantenimientos preventivos de las unidades de generación de energía eléctrica de la planta Oscar Augusto Machado (O.A.M) de la Electricidad de Caracas.

El diseño está basado en "conocimientos anteriores" y describe "cómo deberían ser" los procesos logísticos asociados con la disponibilidad y mantenimiento de las partes y repuestos críticos para mejorar la situación actual con la realización de los mantenimientos preventivos de las turbinas.

III.1.2.- Investigación descriptiva

Con relación a la *investigación descriptiva,* según Arias (1999) "consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento."(p.46). A continuación, Arias (1999) propone: "Los estudios descriptivos miden de forma independiente las variables, y aún cuando no se formulen hipótesis, las primeras aparecerán enunciadas en los objetivos de investigación." (p.46).

En cuanto a la investigación descriptiva, los autores Hernández, Fernández y Baptista (1998) plantean lo siguiente: "los estudios descriptivos buscan especificar las propiedades importantes de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno sometido al análisis." (p.60)

Tomando en consideración las definiciones anteriormente planteadas por los autores, se define el presente estudio como una investigación descriptiva de los procesos logísticos que se

llevan a cabo para la disponibilidad y mantenimiento de los repuestos y materiales dentro de la organización de la planta O.A.M de la EDC. Este tipo de investigación se ajusta adecuadamente al desarrollo del tema tratado, ya que no se desarrollaron nuevos procesos, sino se estudiaron los actuales determinando debilidades y describiendo las mejoras que deben realizarse, para satisfacer la demanda de los componentes más importantes en el correcto funcionamiento de las turbinas de la planta de energía eléctrica O.A.M a la hora de realizar los mantenimientos preventivos.

En la figura Nº 3 se describen las etapas y fases seguidas para la realización del presente trabajo investigativo en base a los objetivos planteados.

Fig. Nº 3. Proceso de investigación.

Etapas	Herramientas	Fuentes consultadas
Levantamiento de información.	✓ MS Word. ✓ MS Excel. ✓ MS Visio. ✓ Entrevistas no estructuradas. ✓ Tormenta de ideas. ✓ Listados.	✓ Bibliografía especializada. ✓ Programas de mantenimientos. ✓ Índice de instrumentos, planos. ✓ Listado de P&R, Siemens-West. ✓ SAP R/3. ✓ Personal del almacén, mantenimiento y operaciones.
Registro y análisis de los datos recolectados.	✓ MS Word. ✓ MS Excel. ✓ Flujo-gramas. ✓ Diagramas de barra. ✓ Tortas. ✓ Plano del almacén. ✓ Tablas de definiciones.	✓ La etapa anterior. ✓ Módulo de materiales de SAP R/3. ✓ Observación directa. ✓ Bibliografía especializada.
Diagnóstico de la situación actual.	✓ Cuadros comparativos. ✓ Diagramas de barra, tortas.	✓ Etapa anterior. ✓ Listado de inventario. ✓ Master de operaciones, bibliografía especializada. ✓
Identificación de las oportunidades de mejora y realización de la propuesta.	✓ Entrevistas no estructuradas. ✓ Interacción con la situación.	✓ La etapa anterior.

Diseño: El Investigador (2004).

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN Y ANÀLISIS DE RESULTADOS

En el presente capitulo se muestran los resultados obtenidos del levantamiento y recolección de datos realizados, con la finalidad de analizarlos y darle así cumplimiento a los objetivos y a las interrogantes planteadas.

Tomando la definición de Hurtado de B., J. (1999) "el propósito del análisis, entonces, es aplicar un conjunto de estrategias y técnicas que permitan al investigador obtener el conocimiento que estaba buscando, a partir del adecuado tratamiento de los datos recogidos."(p.171).

Los objetivos serán presentados y analizados a continuación uno a uno y una vez tratados en su totalidad este capitulo permitirá definir la propuesta y las conclusiones del trabajo realizado.

IV.1.- Objetivo Especifico Nº 1

Describir las características de las turbinas, así como los requerimientos, planes y programas de los mantenimientos preventivos de estas unidades.

IV.1.1.- Características de las turbinas de combustión de la planta O.A.M.

Las turbinas de combustión Siemens-Westinghouse modelo W501D5 instaladas en la planta O.A.M, constan de un compresor axial de 19 etapas de alta eficiencia; una cámara de combustión equipada con catorce (14) combustores arreglados circularmente sobre el eje de la máquina y una turbina de reacción de cuatro (4) etapas.

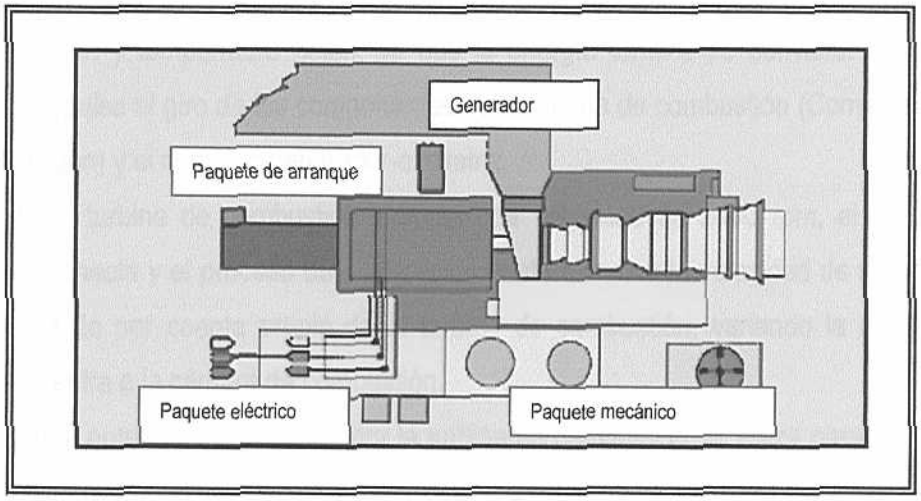
La turbina de combustión está directamente acoplada al generador del lado compresor, todo sobre un único eje.

El Sistema provisto por Siemens-Westinghouse que constituye el conjunto de la turbina es conocido como Econo-Pac W501D5 y está diseñado en forma modular para facilitar su transporte y ensamblaje en sitio.

Este sistema está constituido por los siguientes equipos básicos:

- Turbina de Combustión (compresor axial, cámara de combustión y turbina de reacción).
- Generador- excitatriz.
- Módulo de arranque.
- Módulo eléctrico/control.
- Módulo mecánico.
- Sistema de aire de admisión.
- Sistema de escape.

Fig. Nº 4 Conjunto constructivo



Fuente: Material digital de mantenimiento planta O.A.M

El proceso de arranque para el funcionamiento y operación de la turbina de combustión, es llevado a cabo a través del módulo de arranque. El módulo de arranque está ubicado delante del conjunto generador-excitatriz, viéndolo en la dirección del flujo de aire de la turbina (ver conjunto constructivo, figura Nº 4,) y consta básicamente de un motor eléctrico de 2050 HP y un convertidor de torque.

Cuando se da la orden para el arranque de la turbina de combustión, el motor eléctrico de 2050 HP junto al convertidor de torque, proveen la rotación inicial necesaria para acelerar la turbina desde cero (0) rpm hasta 2400 rpm. La turbina de combustión succiona el aire atmosférico a través del sistema de aire de admisión y filtra el aire para separarlo de posibles

partículas sólidas dispersas en el mismo. Cuando la turbina de combustión ha alcanzado una velocidad de 700 rpm, se produce el proceso de ignición o encendido de la mezcla aire-combustible dentro de la cámara de combustión.

En el momento en que el aire filtrado entra en el compresor axial, se comprime con el correspondiente aumento de temperatura. En la cámara de combustión, la adición del combustible y la subsiguiente energía térmica (producida por la combustión de la mezcla aire-combustible) aumenta el volumen del aire.

La turbina de combustión acelera hasta una velocidad de 2400 rpm, por medio del conjunto motor eléctrico-convertidor de torque. Cuando los gases calientes producto de la combustión de la mezcla aire-combustible, pasan a través de los álabes (paletas) de la turbina de reacción, su presión y temperatura bajan, ya que la energía térmica se convierte en energía mecánica que propulsa el giro de los componentes de la turbina de combustión (Compresor axial y turbina de reacción) y el conjunto generador-excitatriz.

Cuando la turbina de combustión alcanza una velocidad de 2400 rpm, el módulo de arranque se desconecta y el proceso de aceleración hasta alcanzar la velocidad de sincronismo de 3600 rpm, se da por cuenta propia de la turbina de combustión, variando la cantidad de combustible que entra a la cámara de combustión.

Parte de la potencia desarrollada por la turbina de combustión se utiliza para accionar al conjunto generador-excitatriz. El conjunto generador-excitatriz convierte la energía mecánica en energía eléctrica, la cual a su vez es transformada y acondicionada para su transmisión y distribución en el sistema eléctrico.

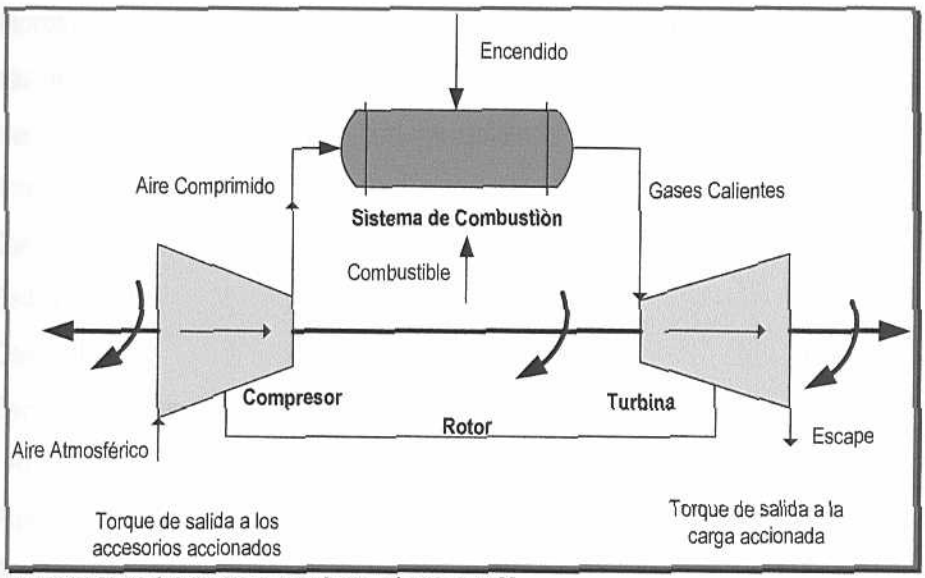
Por otro lado, una vez que los gases calientes dejan la turbina de reacción, son dirigidos a la sección de escape donde son liberados a la atmósfera y se enfrían a temperatura ambiente.

Para que el proceso de funcionamiento y operación de la turbina de combustión descrito anteriormente se pueda llevar a cabo, es necesaria la intervención de equipos auxiliares (ventiladores, bombas, etc.) los cuales son alimentados eléctricamente desde el módulo eléctrico/control. Asimismo el monitoreo y control de todo el proceso se lleva a cabo mediante el sistema de control ubicado también en este módulo.

La actuación de todas las válvulas que controlan el flujo del combustible y el aceite lubricante, es a través de mecanismos y actuadores neumáticos que funcionan con aire

suministrado por el sistema de aire de instrumentos ubicado en el módulo mecánico. Todo el sistema de lubricación de los cojinetes principales donde está montado el eje de la turbina de combustión y el generador eléctrico, está ubicado en el módulo mecánico.

Fig. Nº 5 Flujo-grama del proceso de generación.



Fuente: Material de mantenimiento planta O.A.M

Diseño: El Investigador (2005)

IV.1.2.- Mantenimiento preventivo de las unidades de generación O.A.M

IV.1.2.1.-Mantenimientos programados recomendados por el fabricante

(Inspecciones mayores).

El mantenimiento mayor requiere un desmontaje de sub.-sistemas de componentes seleccionados para la inspección y se efectúa en intervalos de 8000 horas de operación ò haya iniciado 400 arranques, 24000 horas de operación ó haya iniciado 800 arranques y 48000 horas de operación ó haya iniciado 1600 arranques, dependiendo de la carga, tipo de servicio y requisitos de operación.

Debido a las condiciones de operación de las turbinas de la planta, no se utiliza la condición de arranques equivalentes de la unidad sino por las horas equivalentes de operación, las cuales se calculan a través de la ecuación:

$EBH_f = (BH)_f + 3(PH)_f + 10(SRH)_f$

Donde:

EBH_f = Horas equivalentes de operación en carga base para un combustible especifico.

$(BH)_f$ = Horas de carga base para un combustible especifico

$(PH)_f$ = Horas de carga pico para un combustible especifico

$(SRH)_f$ = Horas del sistema en carga de reserva para un combustible específico.

Además de la inspección del sistema de combustión y de la trayectoria de gases calientes, el mantenimiento mayor implica abrir la turbina quitando la mitad superior de la carcasa para observar los siguientes elementos:

a- Cojinetes.

a.1- Sellos de aire.

a.2- Casquillos.

a.4- Zapatas de empuje.

b- Rotores.

b.1- Paletas del compresor.

b.2- Paletas de la turbina.

b.3- Toberas de la turbina.

b.4-Disco de la turbina.

b.5- Ejes y sellos.

b.6- Estator del compresor.

Como se mencionó en líneas anteriores, el mantenimiento mayor se realiza según las horas de operación equivalentes de la unidad, lo que define un plan de mantenimiento que se lleva a cabo con el cumplimiento de las inspecciones que se describen a continuación en la tabla Nº 1.

Tabla Nº 1. Plan de mantenimiento mayor.

Tipo de Inspección	Horas equivalentes para realizar la insp.	Características de la Actividad	Duración	Cronograma de actividades y Requerimientos
C	Trabajando con carga base: 8.000 Si el combustible es Gas Natural 6.000 Si el combustible es fuel-Oil (Diesel)	▪ La inspección mayor del combustor involucra la remoción de los quemadores de combustible y de todos los demás componentes del combustor. Estas partes deben inspeccionarse y limpiarse completamente. Además deben repararse con los servicios apropiados, de acuerdo con las instrucciones del manual de mantenimiento. ▪ Todas las piezas de transición de las turbinas no deben ser removidas del cilindro combustor, sin antes remover el cilindro de la turbina. Estas piezas pueden inspeccionarse desde donde están ubicadas y aplicársele reparaciones menores dentro del cilindro combustor. ▪ Cada unidad tiene funciones y operaciones primarias. En la inspección se deben observar el buen estado de los álabes móviles y fijos.	Seis (6) días aprox.	En el **Anexo A** se puede observar el cronograma de las actividades del mantenimiento a través de un diagrama Gantt. El **Anexo B** muestra el listado de P&R de la turbina, que el fabricante recomienda cambiar en esta inspección.
B	Trabajando con carga base: 24.000 Si el combustible es Gas Natural 18.000 Si el combustible es Fuel-Oil	▪ En este tipo de inspección se incluyen todos los componentes que se revisan en la inspección tipo C y todos aquellos componentes que estén en contacto con el gas caliente y los que se puedan inspeccionar al desmontar el cilindro de la turbina y la rueda de paletas. ▪ Todos los álabes y las partes asociadas son removidas del rotor para su revisión y limpieza. A si mismo se inspecciona el disco del rotor. ▪ Todos los sellos, conexiones y de más equipos son previamente inspeccionados antes de proceder a desarmarlos.	25 días aprox.	**Ver Anexo A y B**
A	Trabajando con carga base: 48.000 Si el combustible es Gas Natural o Fuel-Oil	▪ Se incluye el levantamiento del compresor y de los cilindros que revisten a los combustores. ▪ Las paletas móviles y los discos son revisados y limpiados, además se revisan los cojinetes y sus sellos. También son removidos, limpiados e inspeccionados los diafragmas de los compresores.	Entre 45 y 50 días	**Ver Anexo A y B**

Fuente: Araujo, H. 2004, trabajo de grado.
Diseño: El Investigador (2004).

IV.1.2.2.- Mantenimientos rutinarios recomendados por el fabricante

Tabla Nº 2 Plan de mantenimiento rutinario.

Descripción de la Actividad	Programa de las actividades de mantenimiento y requerimientos
Este tipo de mantenimiento se realiza en los sistemas auxiliares y tienen como función mantener los equipos de instrumentación calibrados, las válvulas en buen estado, los elementos filtrantes de los filtros limpios, entre otros.	A través del **Anexo C** se puede observar una carta Gantt con las actividades de mantenimiento que el fabricante recomienda realizar en los sistemas auxiliares, desde inspecciones diarias hasta la inspección mayor tipo A. En este mismo anexo se observan las partes y repuestos que deben ser cambiadas.

Fuente: Plan de mantenimiento preventivo de las unidades O.A.M

Diseño: El Investigador (2004)

IV.1.2.3.- Mantenimientos predictivo.

Dentro de los mantenimientos predictivos que se realizan en las unidades de generación se encuentran:

Tabla Nº 3. Plan de mantenimiento predictivo.

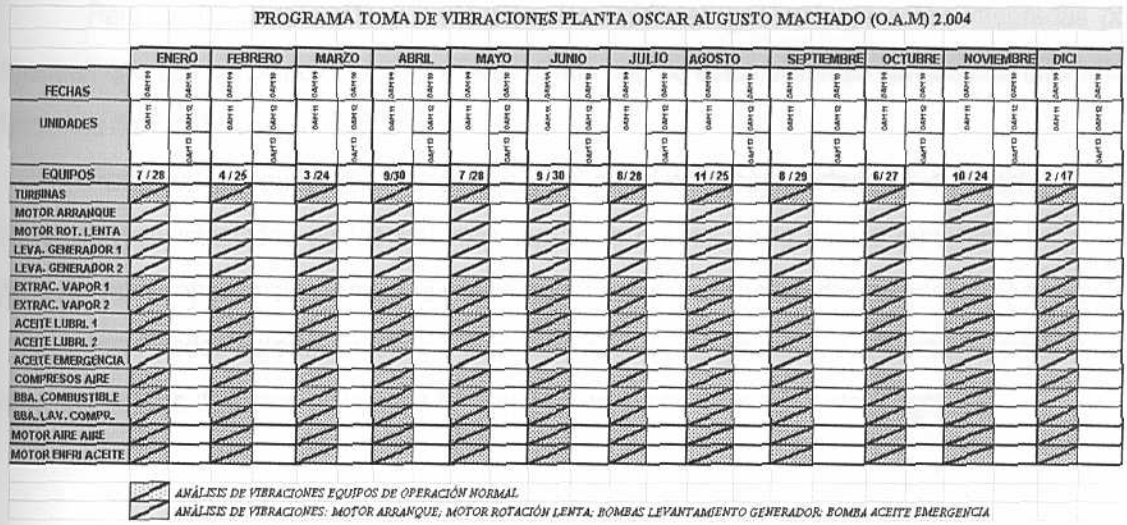
Mantto.	Descripción del mantenimiento	Equipos utilizados	Programa de actividades
Análisis de Aceite	Este mantt. Consiste en hacer tomas de aceite en diferentes puntos de la turbina. Actualmente estas tomas se realizan en el cojinete del lado del paquete de arranque y en los cojinetes de entrada y salida de la turbina, también conocidos como cojinete de empuje y de escape. La finalidad de este análisis es determinar el estado de las propiedades del aceite, así como de las cantidades de partes metálicas que pueda contener a causa de una mala lubricación en estos puntos tan críticos como lo son los cojinetes de soporte del eje de la turbina	Para tomar las muestras se utiliza una pera pequeña y un colector. El aceite tomado se envía a un laboratorio donde se analiza su composición y se diagnostica su estado.	Esta actividad se realiza una vez al mes en los tres cojinetes de cada una de las unidades.

Análisis de Vibraciones	Este análisis se realiza tanto en los cojinetes de la turbina como en los de los motores más importantes de los sistemas auxiliares. La toma de las vibraciones de los cojinetes de la turbina (cojinete de entrada, de salida y cojinete del lado de arranque) se realiza en el paquete eléctrico a través de un colector portátil (Datapac 1500) que se conecta en una consola que suministra las vibraciones tanto relativas como absolutas de estas piezas. La toma de las vibraciones de los cojinetes de los motores se efectúa directamente en estos equipos. Se realiza una medición en los cojinetes para captar las vibraciones horizontales, verticales y axiales. Este tipo de análisis en los motores permite determinar según las tendencias de las curvas descritas por las vibraciones, el momento en el que sea necesario realizar cambio de ciertas piezas como rodamientos o cojinetes. En la turbina los resultados de este análisis reportan el desgaste, aflojamiento de la estructura, rigidez y el balanceo.	Un colector portátil (Datapac 1500)	A través del programa (figura Nº 6) se puede observar la frecuencia con la que se realizan estas tomas de vibraciones, tanto en la turbina como en los motores.

Fuente: Plan de mantenimiento Predictivo de las unidades O.A.M

Diseño: El Investigador (2004)

Fig. Nº 6 Programa de las actividades para las tomas de vibraciones.



Fuente: Plan de mantenimiento predictivo de las unidades O.A.M.

IV.1.2.4.- Consideraciones

- Al momento de realizar los tres tipos de inspecciones no sólo se toman en cuenta las partes que tienen que ver directamente con la turbina, sino los equipos tanto mecánicos como de instrumentación que se encuentran instalados en los sistemas auxiliares.
- La programación de los mantenimientos mayores se realiza basada en la información suministrada por el Master de Operaciones de la planta, donde se pueden observar las horas de cada unidad. Con esta información se conoce cuando debe realizarse cada mantenimiento y planificar la compra de los repuestos.
- La mayoria de las válvulas pequeñas son atendidas y se cambian sus partes y repuestos en los mantenimientos tipo C, mientras que equipos más robustos son sólo revisados en este tipo de inspección, dejando el cambio de sus componentes para las inspecciones tipo A y B.
- Es importante destacar que la programación de los tiempos para la realización de los mantenimientos rutinarios depende también de la experiencia con el funcionamiento de los equipos y del régimen operacional al cual esté siendo sometida la turbina.

IV.2.- Objetivo Específico N° 2

Identificar las partes y repuestos críticos de las unidades de generación.

Para su funcionamiento y protección, las unidades generadoras están integradas por sistemas que son conocidos como auxiliares. Cada uno de estos sistemas cumple con diferentes funciones dentro del conjunto de la turbina.

Parte de los repuestos considerados en el presente trabajo pertenecen a los equipos que se encuentran instalados en los sistemas auxiliares críticos de la unidad generadora. La otra parte de estos repuestos, la tornilleria y las empacaduras, pertenecen directamente a la turbina.

Para poder determinar cuales son las partes y repuestos, fue importante conocer los sistemas críticos descritos en la tabla N° 4 que se presenta en la siguientes página.

Tabla Nº 4. Sistemas auxiliares críticos.

Sistema	Función
Aceite de lubricación	La función primordial es suministrar aceite limpio (filtrado) a la temperatura y presión ideal para satisfacer los requerimientos de la turbina de combustión, generador y paquete de arranque, adicionalmente el aceite lubricante es utilizado como fluido de trabajo para el paquete de arranque y como enfriamiento para los soportes de la turbina. El aceite lubricante es utilizado también por las dos (2) bombas conocidas como Jacking para levantar el eje del generador, y esta función conforma el sistema conocido como: sistema de aceite levantamiento del eje del generador.
Aceite levantamiento del eje del generador	El generador esta provisto con un sistema de levantamiento del eje conformado por dos bombas de alta presión, las cuales suministran una película de aceite que permite un mejor deslizamiento del eje sobre el cojinete. El sistema es activado cuando la unidad se encuentra en rotación lenta. El aceite es tomado desde la tubería de suministro y filtrado, luego presurizado por las bombas de levantamiento (Jacking) y suministrado hacia los cojinetes. Dichas bombas entran en operación cuando la turbina alcanza una velocidad de 225 rpm en la parada de la misma y salen de operación cuando alcanzan el mismo valor en el momento del arranque.
Aire de enfriamiento del rotor	Bajo condiciones normales de operación, el aire comprimido caliente proveniente de la cámara del combustor a 800°F aproximadamente es enfriado por el ventilador aire-aire del rotor a una temperatura aproximada de 400°F y luego es utilizado para enfriamiento del rotor. El ajuste del ventilador es en baja a 475°F y 505°F para alta velocidad. En este sistema se encuentran instalados: placas de orificio (FO), interruptores de presión (PS) y sensores de temperatura (TE).
Combustible Gas	El sistema de combustible está diseñado para operar con gas natural; el mismo debe estar acorde con las especificaciones del fabricante. El gas combustible es suministrado desde la estación de regulación por PDVSA Gas. El suministro de gas es

Combustible Gas	monitoreado por un grupo de transductores que proveen una señal de flujo al DPU ubicado en el paquete eléctrico. El gas entra a través de un filtro, luego a través de la válvula de disparo por sobre velocidad, válvula de cierre y finalmente por la de aislamiento antes de entrar al múltiple de gas. Un sistema de purga se realiza después de cada parada de la unidad.
Aire de instrumentación	El sistema de aire de instrumentación proporciona el aire requerido para la operación de las válvulas controladas reumáticamente, reguladores, interruptores y otros mecanismos de control.
Gasoil	El sistema de combustible está diseñado para operar con gasoil; el mismo debe estar acorde con las especificaciones del fabricante. El gasoil combustible es suministrado desde un tanque de almacenamiento con capacidad para 5.000.000 Lts., el cuál es previamente centrifugado para extraer las impurezas que pudiera contener el gasoil.

Diseño: El Investigador (2004).

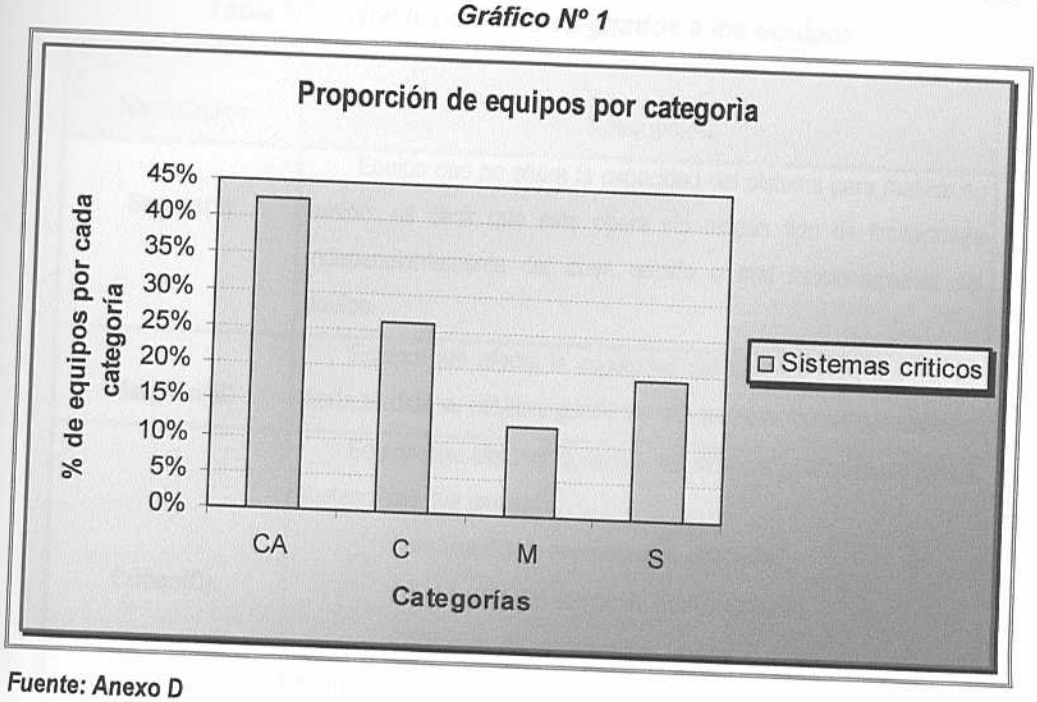
IV.2.1.- Clasificación de los equipos por sistemas críticos

Un listado **(Anexo D)** realizado por cada uno de los cinco sistemas anteriores para clasificar los equipos según cuatro niveles críticos (a través de una tormenta de ideas con parte del personal de mantenimiento y de operaciones, ver descripción en la tabla Nº 5), permitió conocer que en el total de equipos tomados de los sistemas, predominan con un 42%, aquellos cuya inexistencia o indisponibilidad ocasionan la parada de la unidad (críticos catastróficos, CA). Esto es razonable debido a que se está hablando de sistemas críticos.

Este listado también permitió determinar que los sistemas con mayor número de equipos críticos son el de Fuel-Gas unidad 13 y el de Aire de Instrumentación, siendo la proporción de los equipos catastróficos en estos sistemas, del 64 y 58 % respectivamente.

A través de los gráficos Nº 1 y Nº 2 se pueden observar estos resultados.

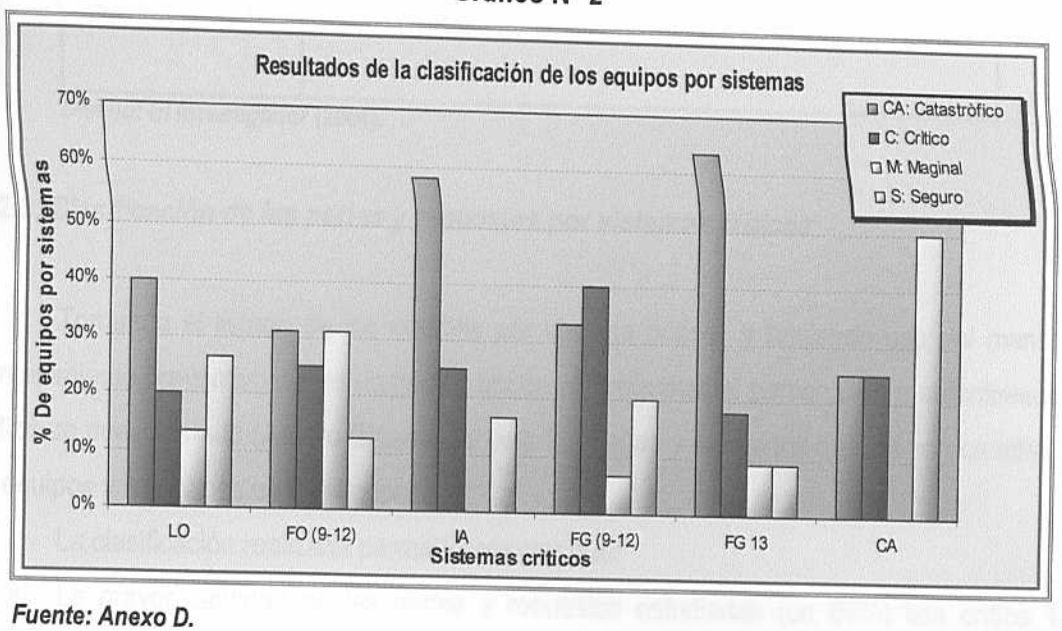
Gráfico Nº 1



Fuente: Anexo D

Diseño: El Investigador (2004)

Gráfico Nº 2



Fuente: Anexo D.

Diseño: El Investigador (2004).

Tabla Nº 5. Niveles críticos asignados a los equipos.

Nivel Crítico	Descripción
Seguro(S)	Equipo que no altera la capacidad del sistema para realizar su misión; es decir que éste opera sin ningún tipo de limitaciones independientemente del buen estado o mal funcionamiento del equipo.
Marginal(M)	Equipo que afecta la capacidad del sistema para realizar en cierta medida su misión y puede ser compensada con otras medidas.
Crítico(C):	Equipo que afectará la misión del sistema y ocasionará daños sustanciales que generen: Disminución de la producción en Kw/hr. Disminución del tiempo de funcionamiento. Consumo de combustible excesivo para producir una misma cantidad de Kw/hr.
Catastrófico(CA):	Equipo que puede causar graves interrupciones en el sistema y produce inevitablemente en la unidad turbo-generadora una parada.

Diseño: El Investigador (2004).

IV.2.2.-Clasificación de las partes y repuestos por sistemas críticos

Tomando el listado de los equipos por sistema críticos y haciendo uso del manual de mantenimiento preventivo de las unidades, así como preguntas al personal de mantenimiento, se realizó un nuevo listado **(Anexo E)** para conocer las partes y repuestos que les son cambiadas a los equipos y asignarles un nivel crítico.

La clasificación realizada permitió observar que:

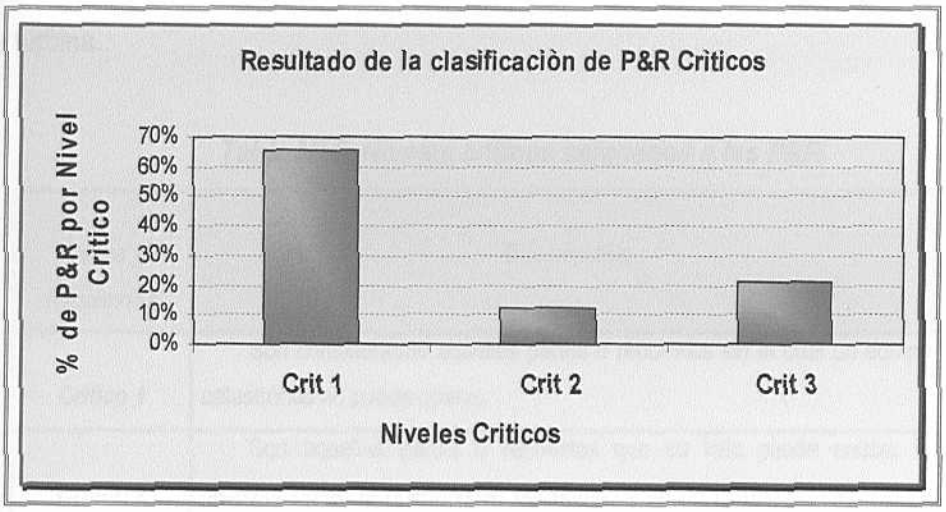
- La mayor cantidad de las partes y repuestos estudiadas (un 66%) son crítico 1. La proporción de repuestos tanto crítico 1 y crítico 2 juntos es aún mayor (un 79% del total de componentes estudiados).
- Los sistemas donde predominan las partes y repuestos crítico 1 son, el sistema de Gas, sistema de Aire de Instrumentación y el sistema de la Turbina, con un 60%, 45% y 100%

respectivamente. Este resultado era de esperar ya que estos mismos sistemas fue donde se encontraron la mayor cantidad de equipos criticos CA (catastróficos), a excepción del sistema Turbina el cual no fue considerado por no ser un sistema auxiliar, sino el equipo de la turbina como tal.

- Las partes y repuestos crítico 1 de la turbina representan el 67% del total de los componentes crítico 1 estudiados. Este resultado es consecuencia de que todos los componentes que pertenecen directamente a la turbina son considerados de primera necesidad y en cantidad superan a las demás partes y repuestos ya que son piezas como tornillos y empacaduras de las cuales existen gran diversidad de modelos y partes, a su vez.
- El sistema Aire-Aire es el que menor cantidad de partes y repuestos críticos posee, lo que puede ser resultado de la poca cantidad de equipos presentes en este sistema.

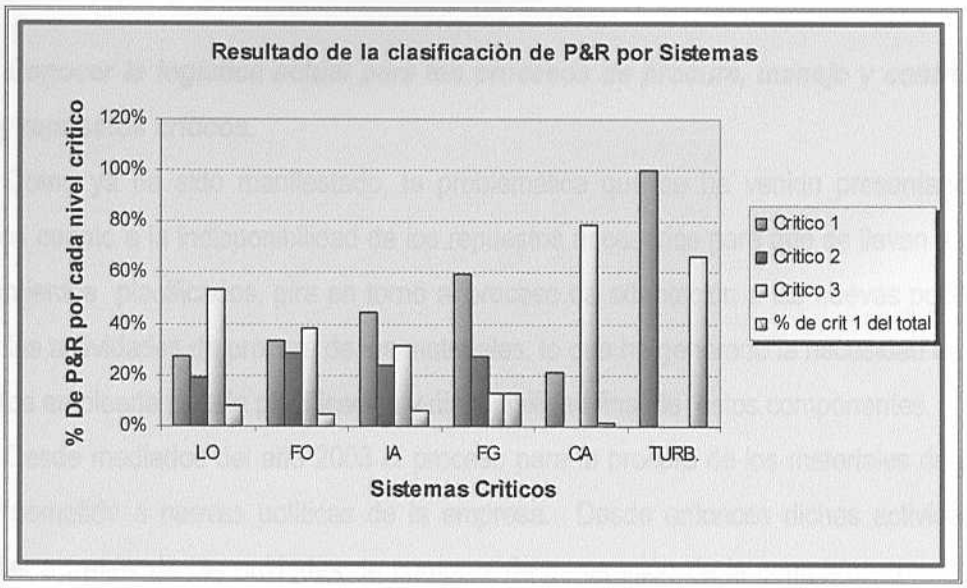
Los resultados de la clasificación se pueden apreciar en los gráficos Nº 3 y Nº 4

Grafico Nº 3



Fuente: Anexo E.
Diseño: El investigador.

Grafico Nº 4



Fuente: Anexo E.
Diseño: El Investigador (2004).

La tabla Nº 6 define el significado de cada nivel crítico asignado a las partes y repuestos según la importancia que tienen estos componentes en el funcionamiento de los equipos y a su vez de la turbina.

Tabla Nº 6. Niveles críticos asignados a las P&R.

Partes y Repuestos	*Descripción*
Crítico 1	Son consideradas aquellas partes o repuestos sin la cual un equipo catastrófico no puede operar.
Crítico 2	Son aquellas partes o repuestos que su falla puede causar la disminución en la operatividad del equipo y en un tiempo prolongado su falla provoca la detención de un equipo catastrófico o crítico.
Crítico 3	Son todas aquellas partes o repuestos que no alteran la funcionalidad del equipo catastrófico, crítico, marginal o seguro y además pueden ser sustituidos por otro equivalente.

Diseño: El Investigador (2004).

V.3.- Objetivo Específico Nº 3

Conocer la logística actual para los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos.

Como ya ha sido manifestado, la problemática que se ha venido presentando en la planta, en cuanto a la indisponibilidad de los repuestos necesarios para que se lleven a cabo los mantenimientos planificados, gira en torno al proceso de adaptación a las nuevas políticas que norman las actividades de procura de los materiales, lo que ha generado la necesidad de mejorar la logística empleada para la planificación y disponibilidad final de estos componentes.

Desde mediados del año 2003 el proceso para la procura de los materiales de la planta ha sido sometido a nuevas políticas de la empresa. Desde entonces dichas actividades son realizadas a través de las unidades de compras de generación de la compañía como parte de una serie de pasos adicionales conforme a las exigencias de una nueva normativa, (Norma Nº 117) que Regula la Adquisición de Materiales, Equipos y Repuestos, que entra en vigencia el 30 de enero del año 2004.

Sumado a esta situación se encuentran las nuevas normativas para la realización de importaciones decretadas por el Gobierno Nacional; las cuales se citan a continuación:

- *Verificación de Mercancías en el Lugar de Embarque*, según el decreto N° 2444 de fecha 05 de junio de 2003 publicado en la gaceta Nº 37706 de fecha 06 de junio de 2003, mediante el cual se dicta la reforma parcial del reglamento sobre la inspección o verificación previa a las importaciones, **(ver Anexo F)**.
- *Los Requisitos de Obtención de Dólares Preferenciales a Través de CADIVI para las Importaciones,* según la providencia Nº 061 publicada en gaceta oficial el 19 de noviembre del año 2004, de conformidad con los artículos 2 y 26 del convenio cambiario publicado en gaceta oficial el 05 de febrero de 2003 y en concordancia con los decretos Nº 2379 y 2302 de fechas 24 de abril de 2003 y 05 de febrero de 2003, **(ver Anexo F)**.

Basado en esta realidad se estudiaron los procesos logísticos para conocer con mayor detalle las actividades llevadas a cabo y que tan eficiente es la gestión actual de dichos procesos.

IV.3.1- Situación de las partes y repuestos con la logística actual

Teniendo acceso al Master de Operaciones de la planta (hoja Excel donde se lleva el histórico de las unidades de generación) se pudo obtener información acerca de las horas equivalentes de cada unidad generadora y el número de mantenimientos pendientes de cada tipo.

Tabla Nº 7. Horas equivalentes de operación por unidad generadora.

	Horas y manttos correspondientes por Unidad				
Mantenimiento no realizados	Unidad 9	Unidad 10	Unidad 11	Unidad 12	Unidad 13
Tipo A	x		x	x	
(Cada 48000 horas)	53.517	5.352	51.590	50.529	27.756
Tipo B	x		x		x
(Cada 24000 horas)	27.690	5.352	25.915	16.178	27.756
Tipo C			x		
(Cada 8000 horas)	5.492	5.352	9.659	3.794	6.082

Fuente: Master de Operaciones (Dic.2004).

A través de los códigos SAP, se conocieron las cantidades existentes de los materiales. comparando estas cantidades con las recomendadas para cada tipo de mantenimiento, se obtuvieron los siguientes porcentajes de partes y repuestos que no son suficientes para realizar las inspecciones pendientes, según el cuadro anterior, así como la proporción de estas que son crítico 1, 2 y 3 en cada caso:

Tabla Nº 8. Porcentaje de faltantes para el mantenimiento tipo C.

% de:	Para un Mantt.	Para Manttos/año
Faltantes	20%	74%
Faltantes Crit. 1	100%	82%
Faltantes Crit. 2	0%	15%
Faltantes Crit. 3	0%	3%

Tabla Nº 9. Porcentaje de faltantes para el mantenimiento tipo B.

% de:	Para los tres mantenimientos	Para un mantt.(unid 13)	Para un mantt.(unid 9-12))
Faltantes	54%	28%	27%
Faltantes Crit. 1	100%	100%	100%
Faltantes Crit. 2	0%	0%	0%
Faltantes Crit. 3	0%	0%	0%

Tabla Nº 10. Porcentaje de faltantes para el mantenimiento tipo A.

% de:	Para los tres mantenimientos	Para un mantenimiento
Faltantes	67%	62%
Faltantes Crit. 1	77%	79%
Faltantes Crit. 2	23%	21%
Faltantes Crit. 3	0%	0%

Tabla Nº 11. Porcentaje de faltantes para los mantenimientos de mayor frecuencia.

% de:	Para mantto/año
Faltantes	57%
Faltantes Crit. 1	50%
Faltantes Crit. 2	50%
Faltantes Crit. 3	0

Se puede observar que en el caso de las inspecciones mayores, efectivamente las cantidades existentes de repuestos críticos no son suficientes para realizar estas actividades de mantenimiento. Para las inspecciones tipo A y B el número de faltantes supera el 50% y casi el total de estas partes y repuestos son crítico 1.

IV.3.2.- Proceso de procura actual

IV.3.2.1.- Actividades del proceso de compras

Dentro de la organización la unidad de compras de generación tiene como objetivo principal buscar, identificar y aprovechar oportunidades para obtener ventajas competitivas mediante compras efectivas a través de convenios con proveedores que favorezcan los intereses de las unidades de negocio de la empresa, apoyando así el proceso de gestión de stock de sus almacenes y alineados dentro de las políticas y prácticas que se están desarrollando en la Global Sourcing Organization.

El proceso de compras se puede desglosar en siete pasos:

1. Solicitud del bien o servicio.

2. Cotización o licitación.
3. Selección.
4. Aprobación.
5. Ejecución de la compra.
6. Recepción de los bienes e insumos.
7. Requisa.

Donde las actividades 2, 3, 4 y 5 corresponden a la unidad de compras de la compañía, las actividades 1 y 7 competen a la unidad solicitante del bien o servicio y la actividad 6 compete a sus unidades de manejo de inventario (almacenes).

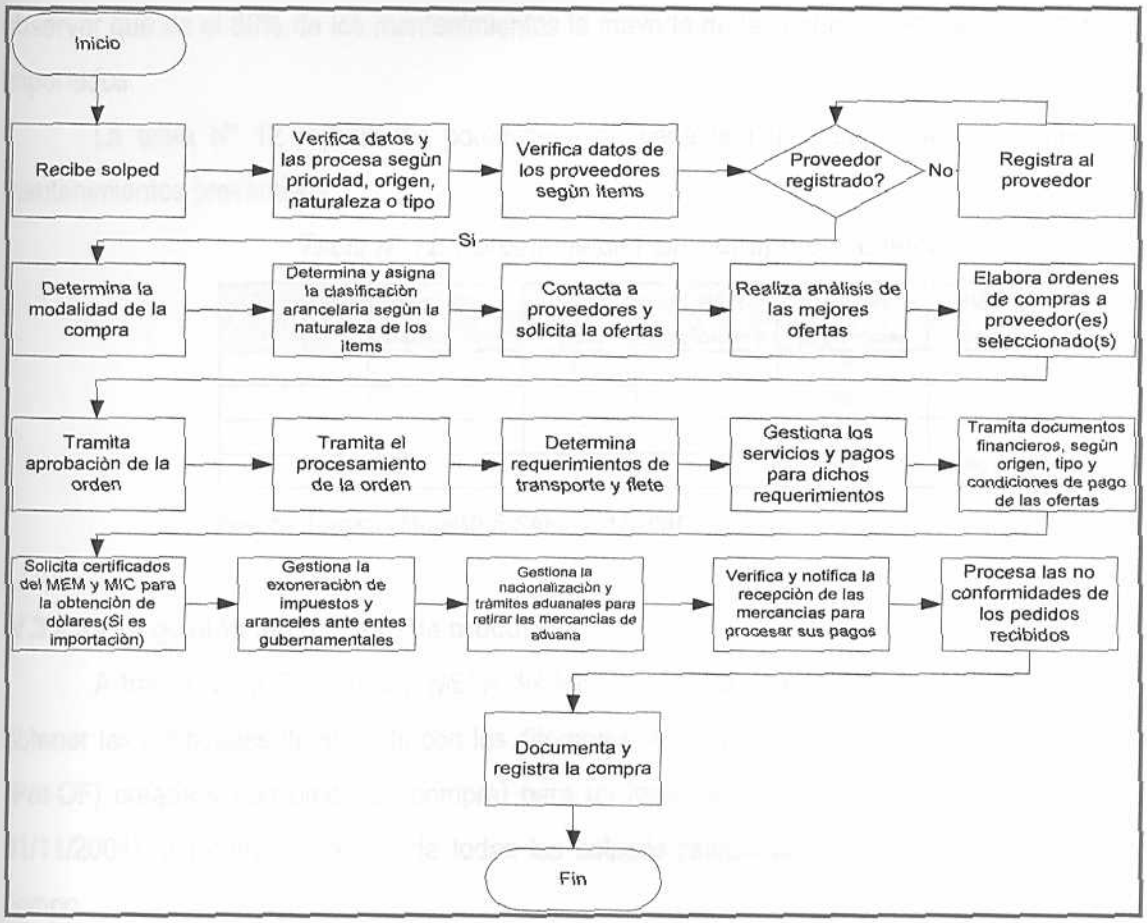
Al momento en que surge la necesidad de cambiar un repuesto, bien sea como consecuencia de un mantenimiento preventivo, predictivo o de uno correctivo y este no se encuentre en existencia o en cantidades menores a las demandadas, se comienza con toda una serie de actividades que forman parte de la logística empleada para la compra y disponibilidad del mismo.

Dentro de la organización todo comienza con la solicitud del usuario, quien puede ser el planificador del mantenimiento o cualquier persona que necesite algún tipo material, este requerimiento se formaliza a través de un documento llamado Solicitud de Pedido (solped), realizado por el planificador del almacén, donde se expresa de manera detallada las partes solicitadas, la cantidad, la estimación de precio y se sugiere uno o más proveedores. Este documento es firmado por los diferentes líderes de la empresa dependiendo del monto total estimado y es enviado al Grupo de Compras de Generación (G.C.G) de la compañía para comenzar el respectivo proceso de procura*.

A continuación, en la figura Nº 7 se pueden apreciar las actividades realizadas por el G.C.G para la procura de los ítems una vez generada la solped por parte del planificador del almacén.

* El Grupo de compras de generación (G.C.G) se divide en dos:
-Unidad de compras de generación (U.C.G) sólo para compras nacionales.
-Aprovisionamiento Estratégico de Generación (A.E.G) para compras por importación y compras nacionales cuyos montos superen cierta cifra establecida en dólares.

Fig. Nº 7. Flujo-grama de las actividades realizadas por la G.C.G.



Fuente: Documento realizado por la G.C.G.

Una vez que compras realiza todas las actividades anteriores, llega el pedido a la planta, la factura es dirigida a la administración y la nota de entrega al almacén. El usuario chequea el material y firma la nota de entrega si está conforme con lo recibido, de no estarlo compras se encarga de procesar estos errores como se muestra en el diagrama anterior dentro de las tantas actividades de esta unidad.

IV.3.2.2.- Tipos de compra para las partes y repuestos críticos

Conocidas la totalidad de las partes y repuestos por cada tipo de mantenimiento, a través del Módulo de Materiales de SAP R/3 se pudo tener acceso a las órdenes de compras, de todos estos componentes críticos de los cuales se conocían los códigos SAP, para visualizar si esta

parte o repuesto era importada, nacional o ambos. Este levantamiento de información permitió observar que en el 80% de los mantenimientos la mayoria de las partes y repuestos criticos son importados.

La tabla Nº 12 reporta los porcentajes de cada tipo de compra para los diferentes mantenimientos preventivos.

Tabla Nº 12. Porcentaje de P&R por tipo de compra.

Partes y repuestos para mantenimiento:	Total P&R	% P&R Nacionales	% P&R Importadas	%P&R N/I
C	44	18	66	16
B	138	10,87	89,13	0
A	22	27	73	0
Rutinarios	7	-	20	80

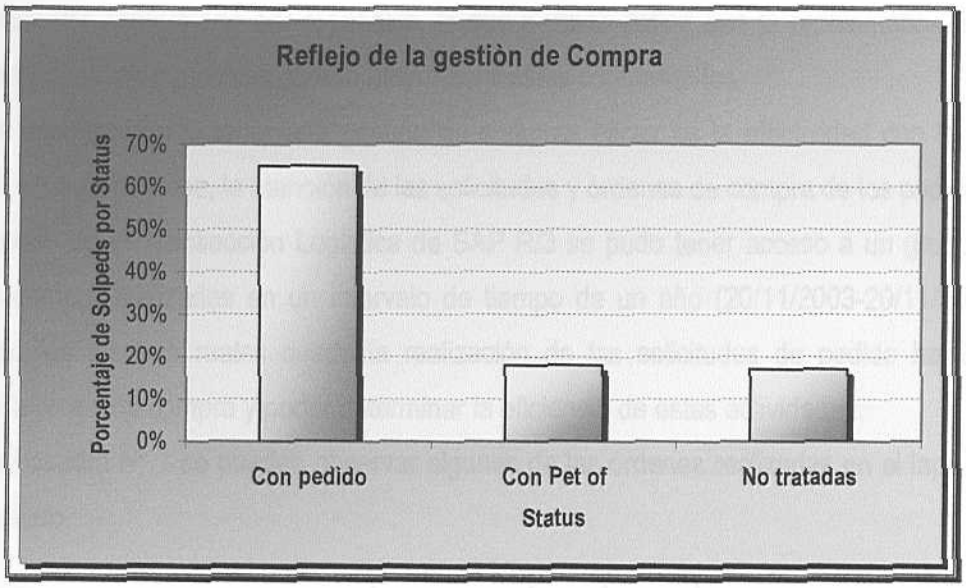
Fuente: Transacción MMBE SAP R/3 12/2004

IV.3.2.3.- La gestión del proceso de procura

A través de la Transacción ME5A del Módulo de Materiales (**MM**) de SAP R/3, se pudo obtener las cantidades de solpeds con los diferentes status (no tratadas, con Petición de Oferta (Pet-OF) creada y con orden de compra) para un lapso de tiempo de un año (01/11/2003 al 01/11/2004), así como el listado de todas las solpeds realizadas en este mismo intervalo de tiempo.

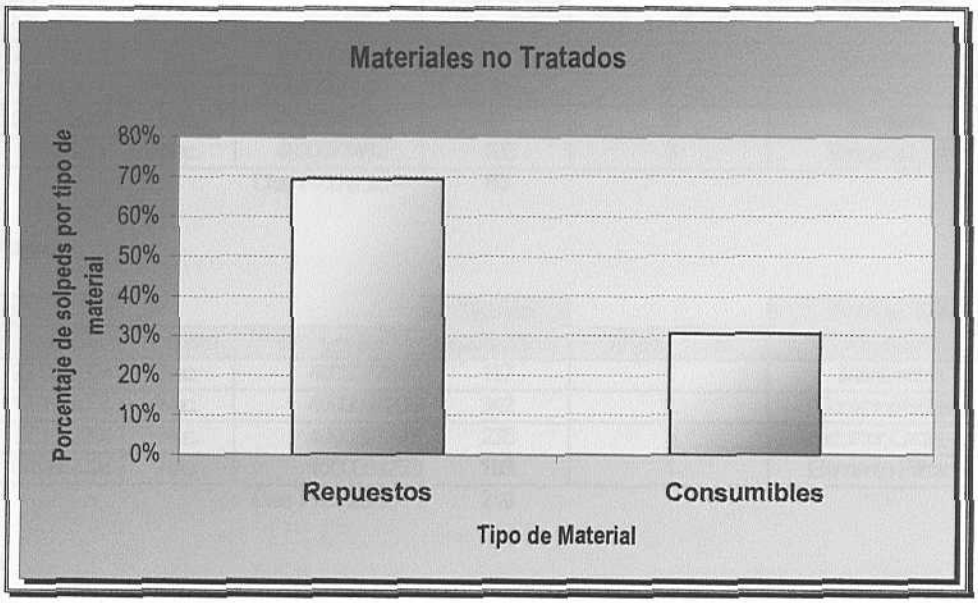
Los resultados se pueden apreciar en los gráficos Nº 5 y Nº 6 que se presentan a continuación:

Gráfico Nº 5



Diseño: El Investigador (2004)

Gráfico Nº 6



Diseño: El Investigador (2004)

El gráfico Nº 5 deja ver que la gestión de compras se puede considerar eficaz ya que el 83% de las solpeds han sido atendidas teniendo Peticiones de Ofertas (Pet-Of) o pedidos compras creados.

En el gráfico Nº 6 se puede observar que la mayor parte de los materiales no tratados, un 70%, se encuentra conformado por repuestos, lo que permite definir que la problemática en la procura oportuna de los materiales es aún mayor para estos componentes.

Más importante que tener una gestión de compras eficaz es la efectividad con la que lleva a cabo, en este proceso, la atención de las solicitudes y órdenes de compra de los pedidos.

A través de la Transacción Logística de SAP R/3 se pudo tener acceso a un grupo de órdenes de compra realizadas en un intervalo de tiempo de un año (20/11/2003-20/11/2004), para conocer los tiempos reales desde la realización de las solicitudes de pedido hasta la creación de la orden de compra y poder determinar la eficiencia de estas actividades.

En el cuadro Nº 1 se pueden observar algunas de las órdenes realizadas en el lapso de tiempo estudiado.

Cuadro Nº 1. Tipos de P&R y tiempos de pedido.

Partes y Repuestos de la Turbina

Fechas				Tiempo		Descrip. Del
Solped	Pedido	Compra	Nº Pedido	espera(Dias)	Nº de Piezas	Repuesto
27/05/2004	20/08/2004	Imp.	4500090131	90	34	Tornilleria
17/03/2004	18/06/2004	Imp.	4500085341	90	252	Tornilleria
15.01.2004	26.02.2004	Imp.	4500076164	41	11	Tornilleria
07.12.2003	16.03.2004	Nac.	4500077482	100	3	Empacaduras
			Dias Promedio =	80		

Repuestos Varios

Fechas				Tiempo		Descrip. Del
Solped	Pedido	Compra	Nº Pedido	espera(Dias)	Nº de Piezas	Repuesto
26.11.2003	22.03.2004	Nac.	4500077847	117	1	Manòmetro
03.12.2003	17.11.2004	Nac.	4500097203	342	2	Conector/Sensor
26.03.2004	17.11.2004	Nac.	4500097203	235	5	Traductor,Cable, etc
15.12.2003	07.06.2004	Nac.	4500084252	183	1	Elemento Filtrante
			Dias Promedio =	219		

Consumibles

Fechas				Tiempo		Descrip. Del
Solped	Pedido	Compra	Nº Pedido	espera(Dias)	Nº de Piezas	Repuesto
19.12.2003	19.12.2003	Nac	4500072186	1	3	Bombillos
08.01.2004	12.01.2004	Nac	4500072879	4	6 galones	Pinturas
10.11.2004	20.11.2003	Nac	4500070046	10	3	Papel sanitario/Vasos
			Dias Promedio =	5		

Diseño: El Investigador (2004).

Si se observan con detalle las tablas que reportan los tiempos de realización de pedidos para partes de la turbina, se puede apreciar que las cantidades de repuestos o componentes que estén siendo solicitadas no determinan el tiempo de duración del proceso para la realización de la orden.

También se observa que los tiempos son bastante grandes, pudiendo representar esta fase un cuello de botella, no haciendo eficiente el proceso en la mayoría de los casos. Por ende debe tenerse un mayor seguimiento de esta fase en la gestión de compra.

Es importante destacar que en el caso particular de los tiempos de atención de las solicitudes de pedido para materiales como la tornillería, se han observado tiempos menores o iguales a dieciséis (16) días, lo cual se puede deber a la realización de compras de emergencia.

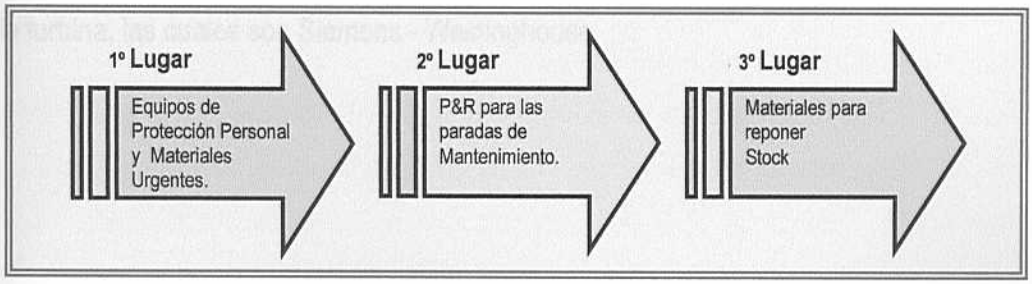
Para la Unidad de Aprovisionamiento de Generación, las compras de emergencia son aquellas en las cuales por un imprevisto o razón de fuerza mayor se requiera la procura de un bien o insumos crítico o semi-crítico en un tiempo extraordinario o inmediato. De allí que su nivel de atención este en el primer lugar.

Buscando mayor información que permitiera determinar la razón de estos tiempos, se formularon una serie de preguntas al personal encargado de procesar las solpeds, en el área de aprovisionamiento estratégico de la empresa, pudiéndose conocer la manera en que se realiza la atención de estos requerimientos de las unidades de Negocio de Generación y los factores que afectan la gestión del proceso, lo que permitió determinar tres causas que se describen a continuación:

1-El nivel de atención por tipo de ítems:

La U.C.G mantiene un criterio para la atención de los requerimientos el cual se ilustra en a figura Nº 8.

Fig. Nº 8. Criterio de atención G.C.G.



Diseño: El Investigador (2004).

Esta manera de atender los requerimientos dependiendo de la naturaleza de los ítems, explica en parte el por qué la realización de las órdenes de compras de los repuestos de la turbina en algunos de los casos demora considerablemente, así también se justifica el hecho de que aquellos materiales solicitados para la reposición de stock, como los elementos filtrantes, manómetros, etc., antes mencionados, sean los que mayor tiempo presentan entre la realización de la solped y la realización de la orden de compra ya que tienen el tercer y último lugar en la prioridad de atención.

2- La existencia de solpeds en cola:

Otra causa de que estos tiempos sean bastante largos, es la cantidad de solicitudes tanto de la planta O.A.M como las de otras unidades de negocio que estén esperando ser atendidas con anterioridad.

3- Falta de especificaciones de las partes y repuestos solicitadas:

Este es un problema común que afecta el curso de la gestión de compras ocasionando retrabajos (al tener que estar aclarando con el usuario cuales son realmente las especificaciones del material que requiere), pérdida de tiempo (generada por los retrabajos y por la demora en colocar y recibir las Pet-Of.) y en el peor de los casos equivocaciones en las compras (cuando el comprador en las peticiones de oferta describe erróneamente a los proveedores un material que piensa cubre las características técnicas del que está siendo solicitado).

IV.3.2.4.- Tiempos de espera para las partes y repuestos bajo las actividades actuales para la procura

Se realizó un estudio de los tiempos asociados a las actividades actuales dentro de la gestión de compras para la procura de los requerimientos. El cuadro Nº 2 muestra los tiempos de cada una de las actividades llevadas a cabo para la compra y disposición de partes y repuestos de la turbina, las cuales son Siemens - Westinghouse.

Cuadro N°2. Tiempos de espera para las Partes y Repuestos Siemens Westinghouse No reparables

Actividades	Tiempo(Dìas)
Procesamiento de la Orden de Compra	
Tiempo Creaciòn Solped-Orden de Compra	80
Procesamiento para la obtenciòn de moneda extranjera	
Peticiòn de Dòlares preferenciales (Factura proforma, de flete, Rusad, SAAD,Obtenciòn del AAD)	15
Obtenciòn Carta de Crèdito	10
Permisologìa de SENCAMER(certifica si los productos a importar cumplen con los patrones de calidad)	10
Procesamiento de permisos gubernamentales(exoneraciones)	
SENIAT	30
MEM	15
MPC	45
Tiempo del Proveedor Siemens Westinghouse	
Tiempo en tener el pedido de las partes y repuestos	1-182
Inspecciòn por la verificadora SGS (en USA)	
Monto compra<5000$	0
Monto compra>5000$	3
Tiempo de traslado(Miami/La Guaira)	
Aviòn(para pedido de partes < 500 kg)	1
Barco(piezas grandes)	7
Tiempo Nacionalizaciòn	
Aduana aèrea	7
Aduana Maritima	9
Inspecciòn por CADIVI a la mercancìa nacionalizada (para otorgar el ALD)	3
Mayor tiempo para las actividadades(Dìas)	306

Tiempos Paralelos al Proceso

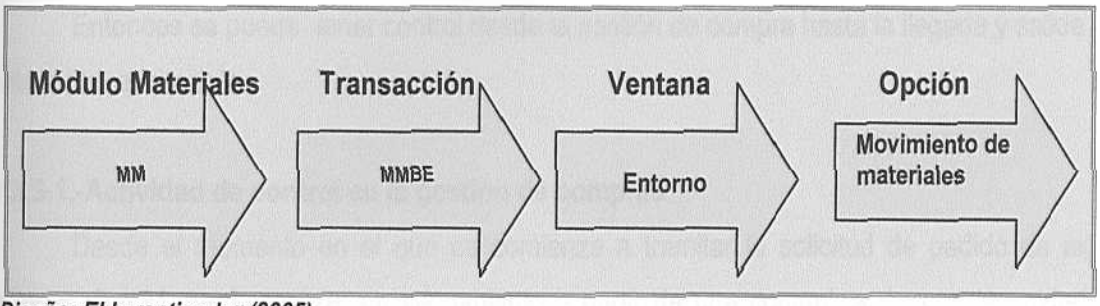
Los tiempos del proveedor se obtuvieron del listado de las partes y repuestos de la turbina suministrados por el fabricante Siemens - Westinghouse.

Para la determinación de los tiempos de adquisición de dólares, obtención de permisología, inspección de la verificadora, traslado y tiempo de nacionalización, fue necesaria la realización de entrevistas al personal encargado de llevar a cabo cada una de las actividades, los cuales conocen muy bien el proceso debido a la experiencia con el tratamiento directo de estos trámites.

Los tiempos de reposición de partes y repuestos que no son Siemens-Westinghouse se pudieron obtener del sistema SAP R/3, a través de la transacción **MMBE** (*Visualización de materiales*) del Módulo de Materiales, buscando tanto las fechas de realización de órdenes de compras, como las fechas de las ordenes de transporte (O.T) del material cuando este entró al almacén, para así determinar los tiempos promedios de reposición.

La transacción se resume en la figura N° 9.

Fig. N° 9. Transacción SAP R/3.



Diseño: El Investigador (2005).

A estos tiempos se les sumaron los tiempos de procesamiento de la orden de compra, cuyo promedio fue calculado con anterioridad (*reportados en el cuadro N° 1*) y los demás tiempos del proceso dependiendo si era una pieza nacional o importada.

Este levantamiento de información fue realizado para 32 partes y repuestos críticas y se pudo observar que los tiempos de reposición superan los 100 (cien) días en el 81% de los casos, además se observaron valores de estos tiempos hasta de 348 días.

Estos resultados dejan ver la necesidad de ajustar la planificación de los requerimientos a la situación actual ya que no se esta hablando de tiempos de espera relativamente pequeños sino por el contrario bastante considerables en la mayoría de las partes y repuestos estudiadas.

IV.3.3.-Proceso control

Al momento en el que se realice cualquier movimiento de materiales dentro del almacén (desde su recepción hasta su salida) se puede mantener un control de estas existencias a través del Módulo de Gestión de Materiales de la herramienta SAP R/3.

Gracias a las múltiples funciones de esta herramienta se puede tener información de las cantidades en existencia de los materiales, visualizar las ordenes de compras, solicitudes de pedido, descripción del material, precio, ubicación en almacén, salidas y entradas del almacén, entre otras, lo que permite mantener la información a la mano del planificador de almacén y llevar un control de las existencias.

Las actividades para el control de los materiales se realiza a través del modulo de materiales (**MM**) de SAP R/3, donde se carga toda la información referente a la solicitudes de

compra, tratamientos y colocaciones de la compras, recepción y despacho del material, ubicación en el almacén y descripción del mismo.

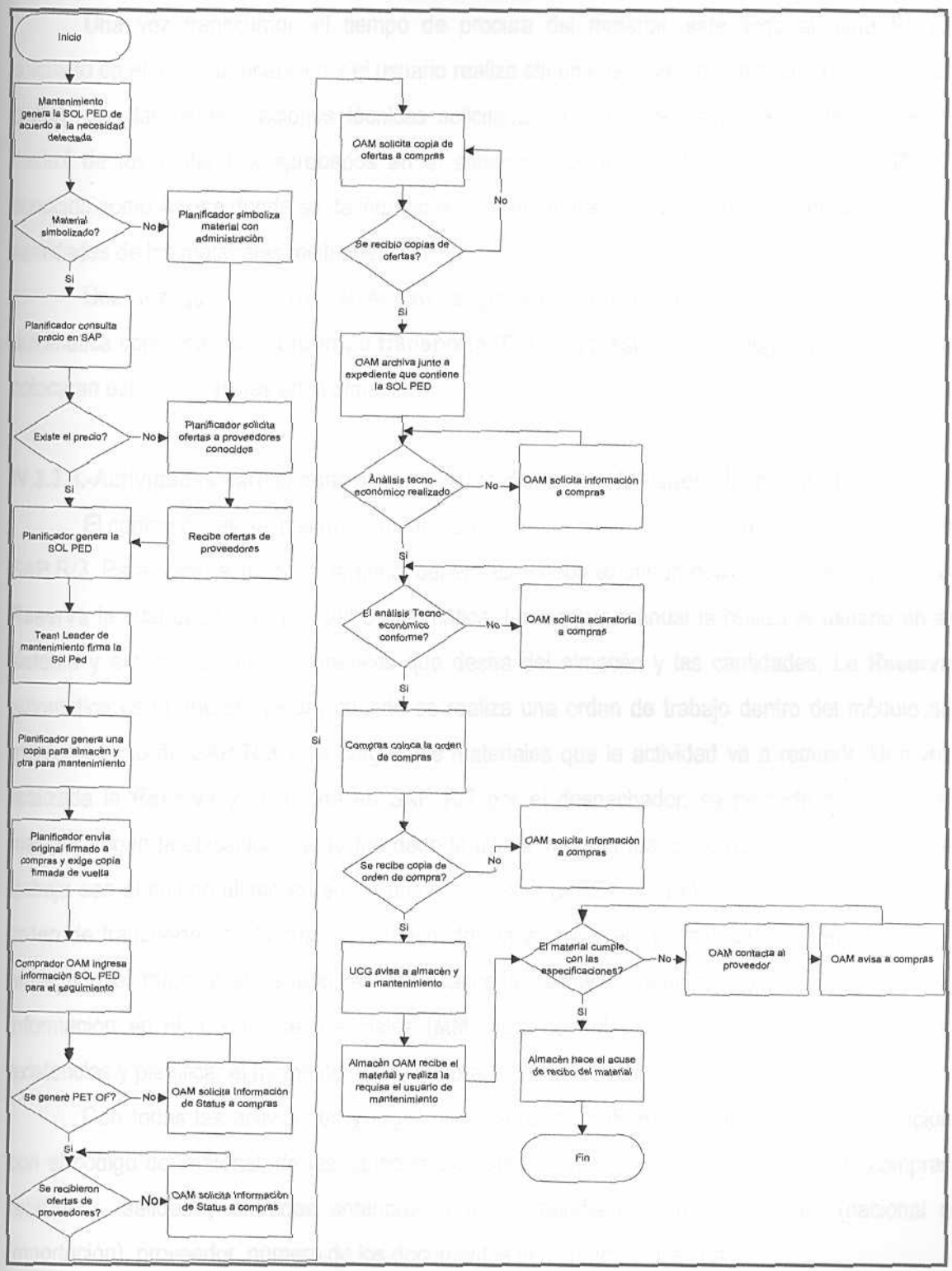
Entonces se puede tener control desde la gestión de compra hasta la llegada y salida del material en el almacén.

IV.3.3.1.-Actividad de control en la gestión de compras

Desde el momento en el que se comienza a tramitar la solicitud de pedido de algún material, O.A.M puede realizar un seguimiento a partir de una comunicación con la unidad de compras para conocer las causas del status del pedido, es decir, si ha sido tramitada la solicitud de pedido, si se generó la petición de oferta y si existe una orden de compra, el cual es visualizado a través de SAP R/3, así como para solicitar la documentación necesaria que no haya sido recibida y avisar si los materiales requisados en planta cumplen con las características solicitadas por el usuario.

En el siguiente flujo-grama del proceso de procura (*Fig. Nº 10*), se ilustran las actividades del seguimiento que O.A.M podría realizar a la tramitación de los pedidos.

Fig. Nº 10. Flujo-grama de las actividades de procura y seguimiento del proceso.



Fuente: Registro de observación directa.
Diseño: El Investigador (2004).

IV.3.3.2.-Actividades para el control en la llegada del material (Manejo de Inventario)

Una vez transcurrido el tiempo de procura del material, este llega al almacén, es colocado en el área de recepción y el usuario realiza allí una requisa para verificar que el material cumple con las especificaciones técnicas solicitadas, en este momento se comienza con el control de los materiales aprobados en el almacén. Se realiza una operación en SAP R/3 conocida como **Acuse** donde se da ingreso al sistema de las nuevas existencias colocándose las cantidades de los materiales recibidos.

Una vez que se realiza el **Acuse** se genera un documento en SAP R/3 de manera automática conocido como **orden de transporte (O.T)**, para especificar el lugar físico donde se colocaran estas existencias en el almacén.

IV.3.3.3.-Actividades para el control en la salida del material (Manejo de Inventario)

El control de las salidas de inventario de cualquier material se realiza también a través de SAP R/3. Para poder solicitar un material del almacén debe existir un documento conocido como **Reserva** la cual puede ser manual o automática. La reserva manual la realiza el usuario en el sistema y especifica allí los materiales que desea del almacén y las cantidades. La **Reserva** automática es la que se genera cuando se realiza una orden de trabajo dentro del módulo de mantenimiento de SAP R/3 y se cargan los materiales que la actividad va a requerir. Una vez realizada la **Reserva** y verificada en SAP R/3 por el despachador, se procede a localizar el material según la ubicación que le fue dado la última vez que fue comprado, ya que el sistema trabaja con el criterio último en entrar primero en salir **(LIFO)**, para ello el sistema especifica la orden de transporte con la cual el despachador va a ubicar el material. Una vez encontrado y entregado el material al usuario, el planificador del almacén registra la salida llevando esta información en el módulo de materiales (**MM**) para controlar las cantidades que quedan en existencias y planificar el momento de su compra.

Con todas las actividades y registros creados en SAP R/3 se puede tener información con el código del material, de las cantidades existentes, ubicación, precio, órdenes de compras realizadas, salidas y entradas anteriores, órdenes pendientes, tipo de compra (nacional o importación), proveedor, número de los documentos de compra, entre otras.

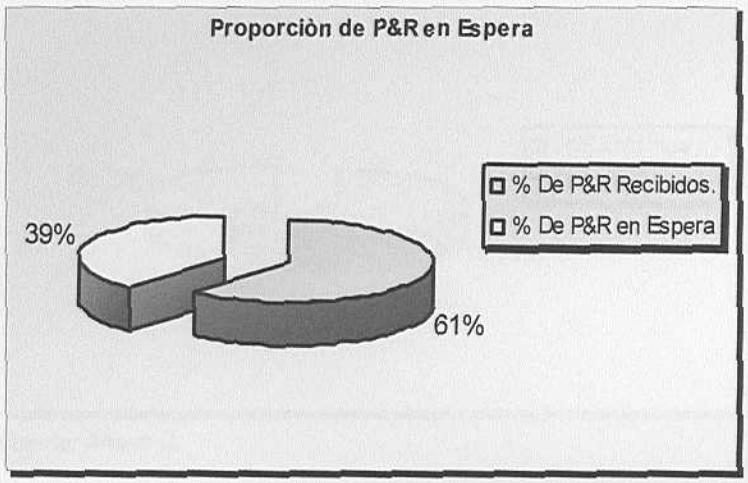
IV.3.3.4.- La Gestión del proceso de control

Para medir la gestión actual de las actividades dentro del proceso de control, se extrajo del sistema SAP R/3 las órdenes de compras de 80 de las partes y repuestos tratadas, para estudiar la situación, pudiéndose observar que:

- Un 39% de estos repuestos se encuentran en espera cuando ya ha pasado la fecha para la realización de los mantenimientos.
- De ese total de partes y repuestos en espera, el 96,8% son importación (proveedor Siemens Westinghouse) y sólo un 3,2% es de compra nacional.
- El 61,3 % de las partes y repuestos en espera, forman parte de los faltantes ya estudiados para los mantenimientos pendientes.

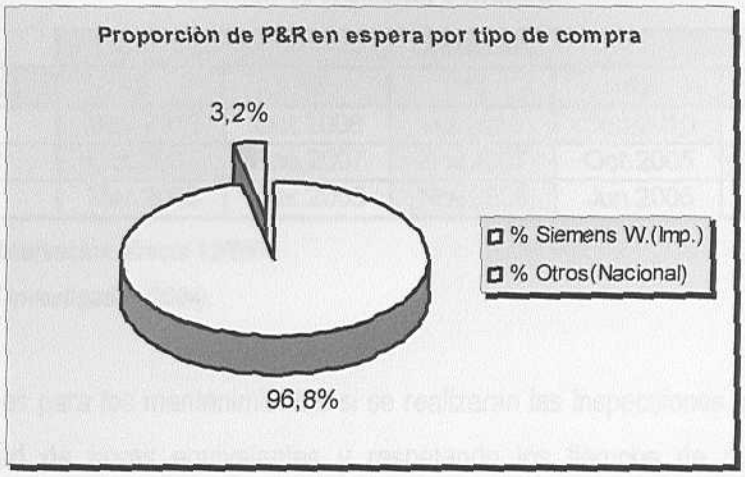
A continuación los resultados se pueden observar en los gráficos Nº 7, Nº 8 y Nº 9.

Gráfico Nº 7



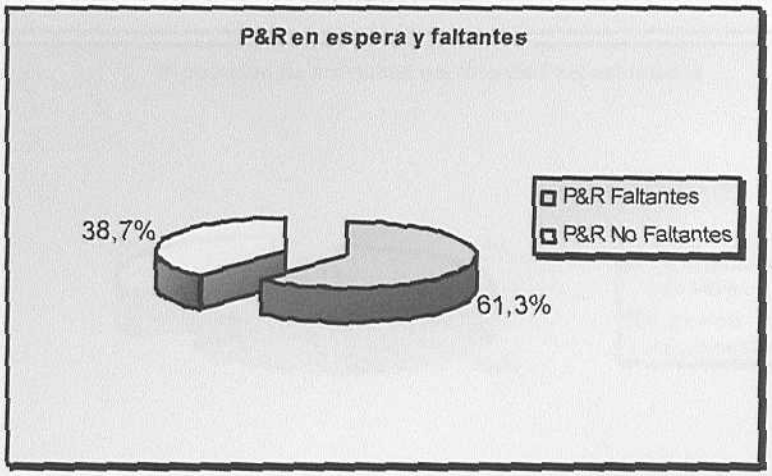
Fuente: Anexo G.

Gráfico Nº 8



Fuente: Anexo G.

Gráfico Nº 9



Fuente: Anexo G.

Tomando el listado del total de las partes y repuestos críticas estudiadas y realizando una proyección de las fechas para los mantenimientos mayores, asumiendo un régimen operacional continuo (***Ver Tabla Nº 13***), se pudo determinar las cantidades de estos componentes que no es necesario mantener en el almacén ya que sus cantidades superan a las demandadas por los mantenimientos y no serán utilizadas sino dentro de un lapso de tiempo considerable.

Tabla Nº 13 Fechas para la realización de cada tipo de inspección asumiendo régimen operacional continuo.

	Unidades				
Mntto.	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
A	May.2010	Oct.2008	Jul.2010	Sep.2010	Feb.2007
B	Oct.2007	Ene.2007	Nov.2007	Oct.2005	Sep.2007
C	Mar.2005	Mar.2005	Nov.2005	Jun.2005	Feb.2005

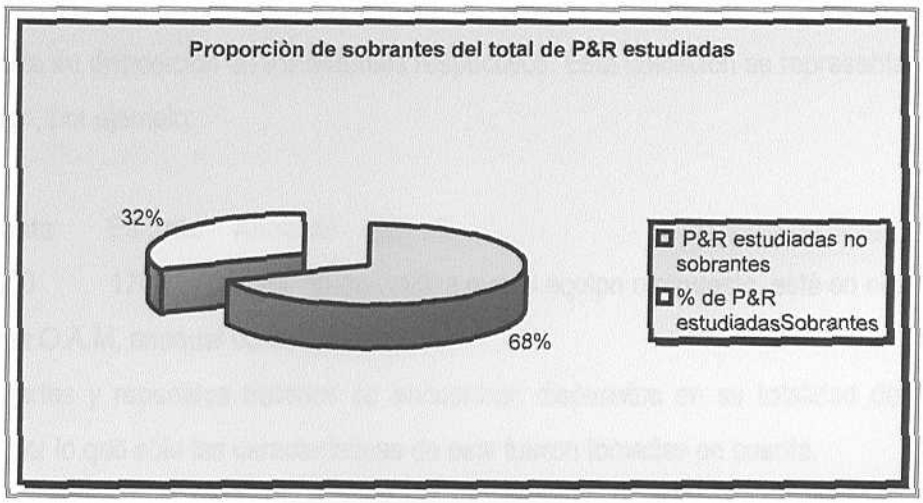
Fuente: Observación directa 12/2004.

Diseño: El Investigador (2004).

Fechas para los mantenimientos si se realizaran las inspecciones pendientes según la mayor cantidad de horas equivalentes y respetando los tiempos de duración de cada inspección.

El gráfico Nº 10 deja observar que un 32% de las partes y repuestos críticas son sobrantes

Gráfico Nº 10



Fuente: Anexo H.

Analizando los resultados obtenidos hasta el momento se puede decir que:

- No se tiene conocimiento de los tiempos reales que se puede llevar el proceso de compra de los materiales solicitados, sobre todo cuando es importación, lo que dificulta la planificación acertada de los requerimientos. Según los valores reportados la mayor parte

de los repuestos estudiados son importados, lo que significa que esta deficiencia afecta una gran proporción de los componentes necesarios para los mantenimientos.

- No existe un control suficiente sobre las existencias que permita determinar las cantidades que se deben mantener en stock para cubrir las demandas, lo que trae como consecuencia cantidades tanto de sobrantes como de faltantes en el almacén.

IV.3.4.-Características del manejo y disposición de las partes y repuestos (Manejo del Almacén)

En la planta O.A.M existen tres almacenes, el almacén 001 que es el principal y se encuentran allí la mayoría de los equipos, partes y repuestos, tornillería y demás componentes que son de menor dimensión; el almacén 002 donde se disponen las partes mecánicas de la turbina y equipos grandes; además en este almacén se guardan todos aquellos materiales, consumibles o no, que son de susceptibles a robo. Por último se encuentra el almacén 003 donde se disponen materiales inflamables o de alta peligrosidad.

Los materiales ubicados en estos almacenes deben obligatoriamente tener un símbolo SAP que permita su disposición en los estantes respectivos. Esta ubicación se representa bajo el siguiente código, por ejemplo:

Almacén	Planta	Estante	Anaquel
001	1000	1700	03,

lo que indica que el equipo o repuesto está en el almacén 001 de la planta O.A.M, anaquel 03 del estante 17.

Las partes y repuestos tratados se encuentran dispuestos en su totalidad dentro del almacén 001, por lo que sólo las características de este fueron tomadas en cuenta.

IV.3.4.1- Dimensiones y características de las áreas del almacén 001

1. Área para la disposición de partes y repuestos:

Alto: 3 Mts.

Largo: 20 Mts.

Ancho: 3.90 Mts

Pasillos entre los estantes: 1 Metro

Pasillo principal: 1.88 Mts.

Tabla Nº 14. Dimensiones de los estantes del área de partes y repuestos.

						Anaqueles			Capacidad de los Tramos (Kg)			
Estante	Nº anaqueles	Nº tramos	Ancho(m)	Alto(m)	Prof. (m)	Ancho(m)	Alto(m)	Profundidad(m)	T1	T2	T3	T4
1	3	3	1,8	2,1	0,6	1,8	0,7	0,6	100	150	200	-
(7/12)	8	4	2,03	2,1	1	1	0,5	0,5	100	150	200	250
(13/22)	8	4	3	2,1	1	1	0,5	0,5	100	150	200	250

Fuente: Registro de observación directa.

2. Cuarto de tarjetas electrónicas:

Alto: 2.40 Mts.

Largo: 4.30 Mts.

Ancho: 3Mts.

Tabla Nº 15. Dimensiones de los estantes del cuarto de tarjetas electrónicas.

					Anaqueles		
Estante	Nº anaqueles	Ancho(m)	Alto(m)	Prof. (m)	Ancho(m)	Alto(m)	Profundidad(m)
3	6	3	1,8	5,5	1,3	0,5	0,55
4 y 6	6	0,92	2,13	0,4	0,92	0,3	0,4
5	7	0,92	2	0,4	3(0,92) 4 (0,46)	6(30) 1(60)	0,4

Fuente: Registro de observación directa

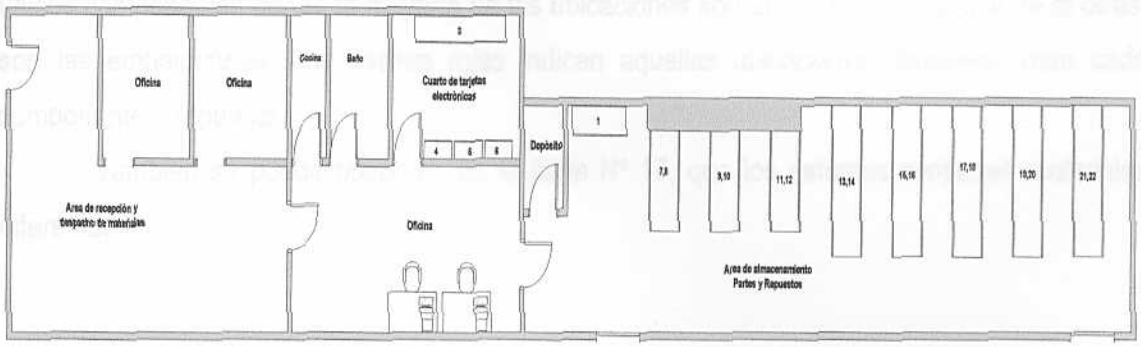
3. Área de recepción y despacho:

Alto: 2.40 Mts.

Largo: 9.06Mts.

Ancho: 6.30Mts.

Fig. Nº 11. Plano almacén 001.



Fuente: Registro de observación directa.

Diseño: El Investigador (2005).

IV.3.4.2 - Ubicación de las partes y repuestos críticos en el almacén

Tomando un listado que realizó el personal del almacén **(Anexo I)**, se pudo tener información de cada material y de su ubicación.

Del listado se realizó una clasificación por materiales de la misma naturaleza o parecidos, a las partes y repuestos críticos estudiados, para observar como se encontraban dispuestos en el almacén.

Las tablas Nº 16 y Nº 17 reportan los resultados obtenidos.

Tabla Nº 16. Ubicaciones de las P&R en el almacén 001.

Ubicaciònes de Partes y Repuestos en el almacèn # 1			
Vàlvulas y componentes	**Filtros y componentes**	**Tornillos**	**Empacaduras**
1000010002	1000100004	1000010002	1000010007
1000130008	1000140011	1000070003	1000070004
1000140007	1000160011	1000080001	1000130003
1000150003	1000170007	1000090005	1000150011
1000160010	1000180010	1000100005	1000160011
1000170011	1000190006	1000110007	1000180006
1000180011		1000130011	
1000190009		1000140003	
		1000150008	
		1000220002	

Fuente: Anexo I.

La tabla Nº 16, permite apreciar que todos las partes y repuestos que tienen mismas características están en ubicaciones diferentes en el almacén, pero muy cercanos entre si, los únicos componentes donde la mayoría de las ubicaciones son un poco alejadas una de la otras, son las empacaduras. Las flechas rojas indican aquellas ubicaciones dispersas, para cada componente o repuesto.

También se puede observar, en la tabla Nº 17, que los estantes contienen materiales diferentes:

Tabla Nº 17. P&R por estantes en el almacén 001.

Estante	Partes y Repuestos
1	Vàlvulas y componentes, Tornillos y Empacaduras
7	Tornillos y Empacaduras
10	Filtros y componentes y Tornillos
13	Vàlvulas y componentes, Tornillos y Empacaduras
14	Vàlvulas y componentes, Tornillos y Filtros
15	Vàlvulas y componentes y Empacaduras
16	Vàlvulas y componentes, Tornillos y Filtros
17	Filtros y componentes,Vàlvulas y componentes
18	Empacaduras, filtros,vàlvulas
19	Vàlvulas y componentes,Filtros y componentes

Si se observan los estantes en el plano del almacén y las ubicaciones de los componentes, se puede resaltar que aquellos que están más a la salida son la tornillería y parte de las empacaduras. Tomando en consideración estas ubicaciones se obtuvo a través de SAP R/3 las salidas de casi la totalidad de las partes y repuestos críticas estudiadas, pudiéndose observar que éstas no son en ninguno de los casos muy significativas, lo que indica que la movilización de dichos materiales no amerita que estos estén estrictamente ubicados más cercanos a la salida del almacén.

La tabla Nº 18 reporta algunas de las partes y repuestos críticos con mayor número de salidas del almacén, para tres años diferentes.

Tabla Nº 18. Partes y repuestos con mayor número de salidas.

		Nº Salidas			Nº de Entradas			
Material	Sap	Año 1	Año 2	Año 3	Año 1	Año 2	Año 3	Ubicaciòn
*Elementos filtrantes de los filtros 1 y 2 del secador de aire	20406	2	5	3	0	0	0	001 1000180010
*Elemento filtrante de los filtros 3 y 4 del secador de aire	20540	3	5	6	0	1	0	001 100016006
*Malla retenedora de los filtros 3 y 4 del secador de aire	59402	4	3	3	1	0	0	001 1000160002
*Kit de reparación de la reguladora de presiòn de aire PR 15701	27488	6	3	4	0	0	0	001 1000140007
*Kit de reparación de la reguladora de presiòn de aire PR 15701	61021	-	1	7	0	1	0	001 1000140007
*Válvula reguladora de pres. del aire que viene desde el comp. (PR 15701)	27490	2	2	4	1	0	0	2 1000140007
*Empacadura P/N 2332C03001 GASKET	40044	1	4	4	2	1	1	001 1000070002
Empacadura ESPIRO-METALICA 2" X 600 LBS MATERIAL A/I 304 Y ASBESTO Marca: Flexitalic	39978	5	4	7	1	2	1	001 1000130006
*Empacadura P/N 795J771008 GASKET NOZZLE	39971	2	2	3	0	0	0	001 1000070004
*Tornillo (SCREW - SOC HD .375 X 4.50)	39556	1	6	4	-	1	1	001 1000070002
*Tornillo (SCREW - SOC HD .625 X 1.25)	39552	3	6	2	1	1	1	001 1000070002
*Tornillo (SCREW - SOC HD .625 X 2.25)	39538	5	5	2	2	1	0	001 1000070003
*Kit de reparación de la solenoide de aislamiento de aire de inst. SV15738	39604	5	1	1	1	0	0	-
* Kit de la SV15721,que despresuriza las càm. de baja y alta pres. del compr. de aire								
*Kit de la SV 15402 que suministra aire a la vàl de disp. Por sobrev. FV 15402								
*Kit para la SV 15411 que suminist. aire a la vàl. de venteo de gas en la parada FV 15411								
*Kit para la SV15401que suministra aire al actuad de la vàl. Aisladora de gas FV 15401	39610	1	2	6	0	0	0	-
Kit para la SV15406 que suministra aire a la válvula de purga del múltiple de gas FV15406.								
*SV 15420(kit) de la FV 15248								
*Kit para la SV 15506 que suministra fueloil a la Vàl. De disp. Por sobrevel. FV15506								
*Ki t de la vàlvula SV 15501 que suministra ire de instrumentaciòn a la FV 15501, 506 y 507								
*Kit para la SV 15509 que suministra aire de inst a la vàlv. de drenaje de fuel-oil FV 15509								
*Vàlvula check del secador de aire de instrumentaciòn	38656	1	1	5	0	0	1	001 1000180011
*Elemento filtrante del filtro de gas unidades 9,10 y 11	19938	1	1	3	0	0	0	-
*Filtros de vapor de aceite(son 8) en los extractores de aceite	20463	2	2	5	0	0	3	002 100007/080001
*Filtro de aire en los extractores de vapor de acite lubricante	20467	2	2	5	0	0	1	001 1000140012/11

Esta tabla también permite apreciar el número de veces que el material tuvo entrada al almacén durante tres años, este resultado deja ver que los índices de rotación son bastante pequeños en el total de los casos de las partes y repuestos estudiadas.

IV.3.4.3- Características generales del manejo y disposición de los materiales en el almacén 001

Por ser el almacén 001 destinado para mantener stock de partes y repuestos, los dispositivos utilizados para maniobrar y trasladar estos componentes no son sofisticados, por ejemplo se cuenta con escaleras de sólo tres tramos y carretillas pequeñas.

El área de despacho de las partes y repuestos no se encuentra bien definida en la actualidad. Se conoce que en tiempos anteriores los materiales eran entregados por una de las ventanas del almacén, habilitada con esta finalidad, no permitiendo así el paso de los solicitantes a esta área.

Para disponer los materiales pequeños como tornillos, algunas válvulas, kit de repuestos, tuercas, entre otros, se utilizan cajas de metal apilables, las cuales están colocadas en los anaqueles de los estantes ya descritos.

Todos los estantes son abiertos, la única medida de seguridad que se ha tomado es la restricción del paso a cualquier persona que no sea del almacén, a las áreas donde están dispuestos los materiales. Además este permanece cerrado si el personal no se encuentra.

En la Figura Nº 12 se puede observar la situación con la disposición de los materiales

Fig. Nº 12. Disposición de los materiales.

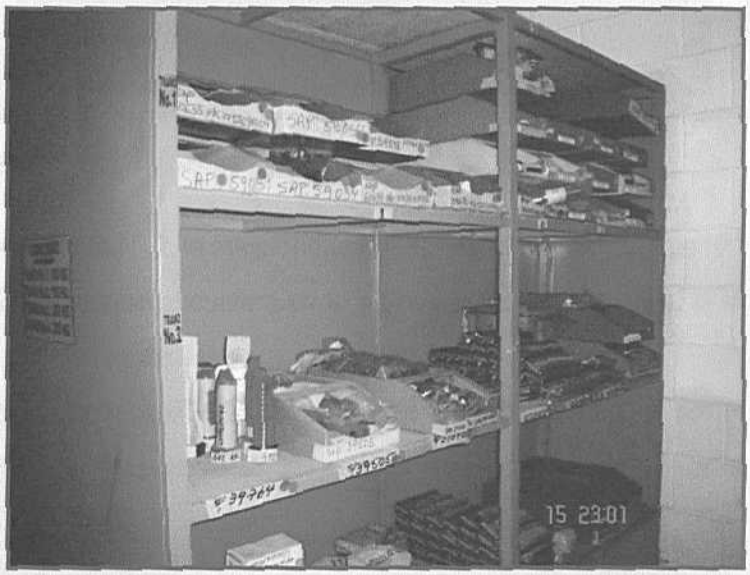
Foto Nº 1 **Estante del grupo del 7-12** **(Dimensión mediana)**	
Foto Nº 2 **Estante Nº 1** **(Dimensión pequeña)**	

Foto Nº 3 **Estante del grupo del 7-12** **(Dimensión mediana)**	

Fuente: Registro de observación directa.

Como se puede observar en la foto Nº 2, la mayor parte de los materiales del estante Nº1 están ubicados en el primer tramo (el cual se encuentra en la parte superior del estante), sí se observan las características de la resistencia de estos tramos se puede notar que este es el que menor peso soporta, y en este caso se puede evidenciar también que el tercer tramo (el último de arriba hacia abajo en el estante) el cual tiene mayor resistencia, es el que se encuentra menos ocupado.

Otra desventaja detectada es que la manipulación e identificación de los materiales que se encuentran ubicados en las cajas apilables sobre en tramo Nº 1, se hace más dificultosa y brinda las condiciones para un mal manejo.

En la foto Nº 3 evidencia la misma situación. En el segundo tramo es donde se encuentran la mayoría de los materiales, en este caso tornillos grandes y cajas apilables, dejando los tramos inferiores, de mayor resistencia, con menor carga ya que se encuentran allí dispuestos tornillos de menor dimensión, menor peso y en menor cantidad.

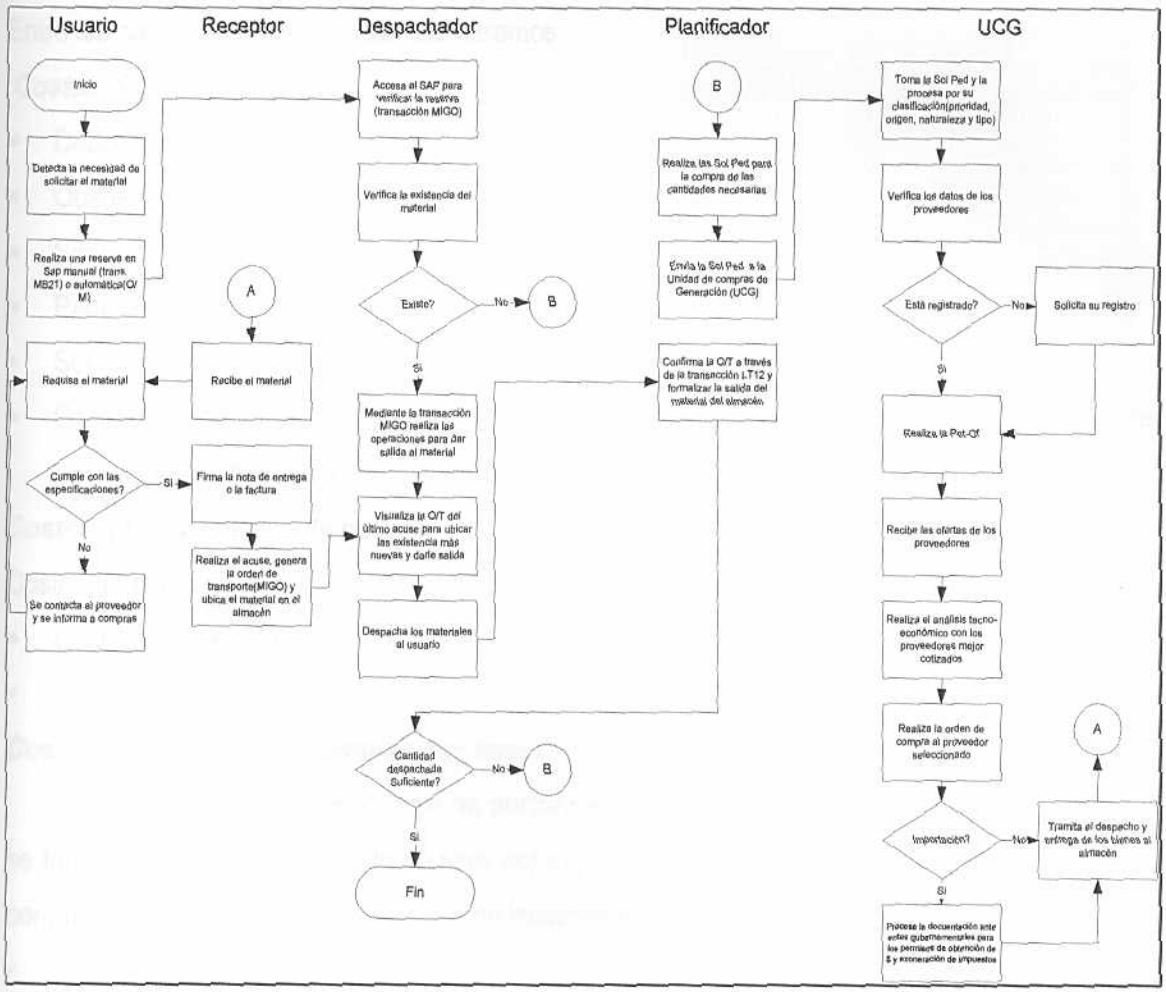
La fotografia Nº 1, permite apreciar nuevamente que no existe un criterio para la ubicación de los materiales, en ese caso sería conveniente, por ejemplo, colocar todos los materiales que se encuentran en el primer tramo en el segundo, así facilitaría su búsqueda evitando también accidentes y obsolescencia a causa de la caída de estas partes y repuestos.

A pesar de que no se cuenta con la evidencia fotográfica, vale la pena destacar que los estantes de mayor dimensión ubicados hacia el final del almacén, en su mayoria presentan anaqueles casi vacíos.

IV.3.5 Flujo-grama de los procesos logísticos

En la Figura Nº 13 se pueden apreciar de manera general las actividades antes estudiadas de una manera integrada.

Fig. Nº 13. Logística actual para la disponibilidad, recepción y despacho de los materiales



Fuente: Registro de observación directa.
Diseño: El Investigador (2004).

IV.4.- Objetivo Específico Nº 4

Determinar los costos relacionados con el proceso de procura y disponibilidad de las partes y repuestos críticos.

Para la procura y disponibilidad de las partes y repuestos en el almacén, se realizan una serie de actividades que implican costos. Por cuestiones de confidencialidad de la empresa estos valores fueron expresados en porcentajes, tomando como punto de comparación, en la mayoría de los casos, el valor de inventario promedio para el año 2004.

Entre los costos anuales tratados encontramos:

Costos de almacenaje

- Depreciación.
- Obsolescencia.
- Seguro.
- Pago personal.
- Servicios del almacén (agua y aseo).
- Costo de oportunidad (se tomó el valor promedio de la tasa pasiva para cuentas de ahorro de los principales bancos del país en el año 2004, según el BCV).

Costos de lanzamiento de pedido

Costos administrativos:

- Costo de papelería.
- Teléfono/Fax.

Costos de adquisición (compras por Importación)

Estos costos se presentaron en porcentajes sobre el valor de la mercancía trasladada y se tomaron en cuenta ya que la compra por importación de estas piezas se realiza a través de contratos FOB, quedando estos costos no incluidos en el precio del repuesto.

- Verificadora SGS.
- Seguro.
- Flete.
- Derechos aduanales (Nacionalización).

- Tasa.
- Otros gastos (transporte terrestre, agente aduanal, entre otros).

En la mayoría de los casos estos costos se encuentran alrededor del 35%.

Costos de penalización

Se consideraron las pérdidas generadas por la no venta de energía ocasionada por la parada de la unidad. Este costo se calculó tomando en cuenta un día de no generación de una turbina.

En la tabla Nº 19 se pueden observar los porcentajes obtenidos de los costos considerados

Tabla Nº 19. Costos de inventario.

% de los costos para la disponibilidad de las P&RCrìticos	
Costos de Almacenamiento	
Depreciaciòn	0,0920%
Obsolecencia	1,0958%
Seguro Contra riesgos	5,2340%
Pago personal	0,7140%
Agua	0,0347%
Aseo	0,0009%
Reparaciones	0,0032%
Costo de oportunidad	4,52%
Porcentaje de los costos totales de almacenamiento sobre el valor del inventario	11,69%
Costos de solicitud de compra	
Artìculos de oficina	0,059%
Correo/telefono	0,063%
Porcentaje de los costos totales de la solicitud de compra sobre el valor del inventario	0,1220%
Costo de traslado para compra por Importaciòn	
Verificadora SGS	(250$ / 1% FOB)
Seguro	1%
Flete	10%
Derechos aduanales(Nacionalización)	15%
Tasa	1%
Otros gastos(transporte terrestre, agente aduanal, entre otros)	5%
Porcentaje de los costos totales del traslado de la compra sobre el valor de la compra	33%
Costos de penalizaciòn/parada de un Dìa(Bs)	
Porcentaje de los costos totales de penalizaciòn sobre el valor del inventario	1,34%

Diseño: El Investigador (2004)

Se puede observar que los mayores costos son los de almacenamiento y adquisición de las partes y repuestos importados.

Los valores del stock del total de las partes y repuestos críticas estudiadas representan un 3% sobre el valor del inventario total de materiales y repuestos de la planta. De este 3% el 45% del costo está siendo generado por la existencia de sobrantes.

Los mayores costos son generados por las partes y repuestos de importación, representando este costo un 46% sobre el valor del material.

El total de millones en sobrantes esta constituido en un 93% por partes y repuestos importadas y en un 7% por nacionales. Considerando esta condición, el valor del costo para la disponibilidad de sobrantes se calculó aplicando el 46% al 93% del valor total de estos componentes y el 13% al 7% de los mismos.

La tabla N° 20 muestra los resultados obtenidos.

Tabla N° 20. Porcentaje de los costos finales para la disponibilidad de las P&R

Costo para la disponibilidad de las P&R expresado en % Sobre el valor total del inventario		Proporciòn del costo de las P&R criticas sobre el valor de invt. promedio del almacèn	% del Costo en Sobrantes sobre el costo de inventario de las P&R Critìcas
Importadas	Nacionales		
46%	13%	3%	45%

IV.5.- Conclusiones del análisis de los resultados

Una vez analizados los resultados obtenidos se puede definir los siguientes aspectos:

Los mantenimientos realizados a las unidades de turbinas a gas de la planta, son llevados a cabo en función de la utilización de estas máquinas, en tal sentido, el seguimiento de sus horas equivalentes de operación, a través del Master de Operaciones, es determinante para la correcta planificación de los programas de mantenimiento.

La planificación de los requerimientos de partes y repuestos para los mantenimientos preventivos llevados a cabo en los sistemas de Gas, Aire de Instrumentación y en la Turbina, son los que con mayor detalle deben realizarse, debido a que las a cantidades de repuestos crítico 1 predominan en estos sistemas.

Es necesario definir alguna estrategia que permita el mayor y mejor control en la atención de las solicitudes de los pedidos realizados por la unidad de generación planta O.A.M.

La determinación de los tiempos asociados a las actividades de procura en la actualidad, así como la realización del seguimiento de las actividades de control (en compras y en el manejo

de inventario), sobre todo para las partes y repuestos importadas, es necesaria para poder definir los parámetros de control de dichos componentes, en cuanto a puntos de reorden y stocks de seguridad, fundamentados en los actuales tiempos de reposición, los cuales pueden llegar a superar los 300 días.

No existe una política de almacenamiento para las partes y repuestos críticas estudiadas, lo cual puede dificultar el proceso de identificación visual de estos materiales en el almacén, así como el manejo de estos componentes.

La existencia de una política de control de inventarios permitirá disminuir las cantidades presentes de sobrantes, lo que se traduce en menores costos de inventario de las partes y repuestos críticas en un 45%, al disminuir los valores de obsolescencia y del costo de oportunidad asociados al valor de estas existencias en el almacén.

CAPITULO V
LA PROPUESTA

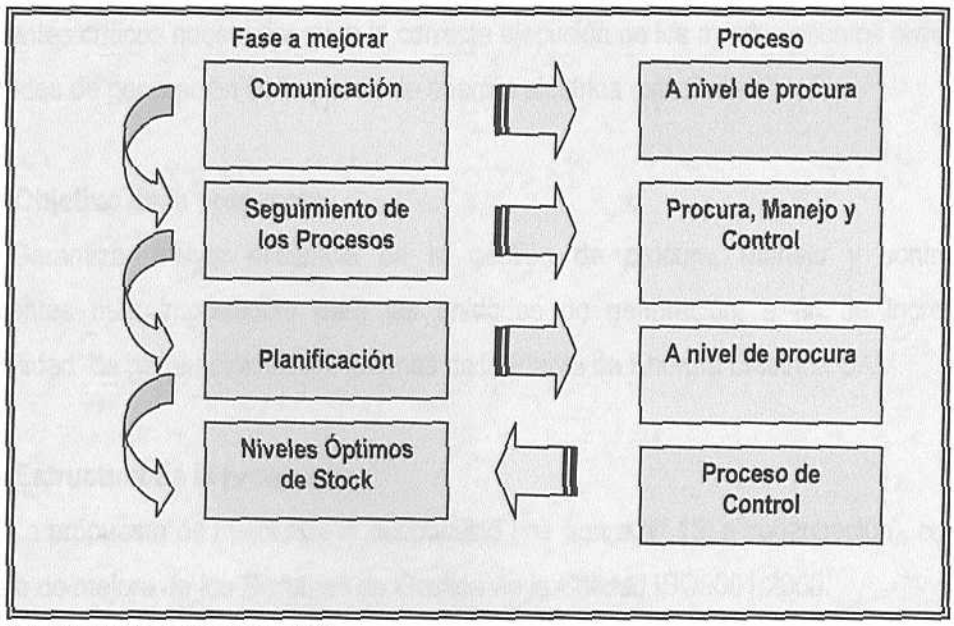
V.1.- Objetivo Específico Nº 5

Identificar las oportunidades de mejora en los procesos de procura, manejo y control de las partes y repuestos críticos.

V.1.1- Oportunidades de mejora para los procesos de procura, manejo y control

Una vez analizada la situación actual dentro de las actividades de procura, manejo y control de las partes repuestos criticas estudiadas, se pudieron determinar los diferentes aspectos donde existe oportunidad de mejorar dichos procesos. A continuación se ilustran, en la figura Nº 14, las oportunidades de cambios para la mejora de los procesos logísticos investigados y la manera en que se deben realizar las actividades para garantizar la correcta disponibilidad de los repuestos críticos de las unidades de generación.

Fig. Nº 14. Oportunidades de mejora.



Diseño: El Investigador (2005)

V.2.- Objetivo Específico Nº 6

Diseñar las estrategias requeridas en los procesos de procura, manejo y control, que contribuyan a la mejora de los mantenimientos.

V.2.1- Diseño de la propuesta de mejora

V.2.1.1- Presentación

La propuesta que se presenta a continuación se encuentra conformada por las mejoras que se deben desarrollar dentro de los procesos de Procura, Manejo y Control de las Partes y Repuestos más importantes de las unidades de turbinas a gas en la planta generadora de energía eléctrica Oscar Augusto Machado (O.A.M) de la Electricidad de Caracas.

V.2.1.2- Justificación de la propuesta

Una vez realizado el análisis de los resultados obtenidos y buscando dar cumplimiento a la totalidad de los objetivos planteados, nace la necesidad de crear estrategias de mejora para conformar una propuesta que tiene como fin último garantizar la disponibilidad de los componentes críticos necesarios para la correcta ejecución de los mantenimientos preventivos de las unidades de generación de la planta de energía eléctrica estudiada.

V.2.1.3- Objetivo de la propuesta

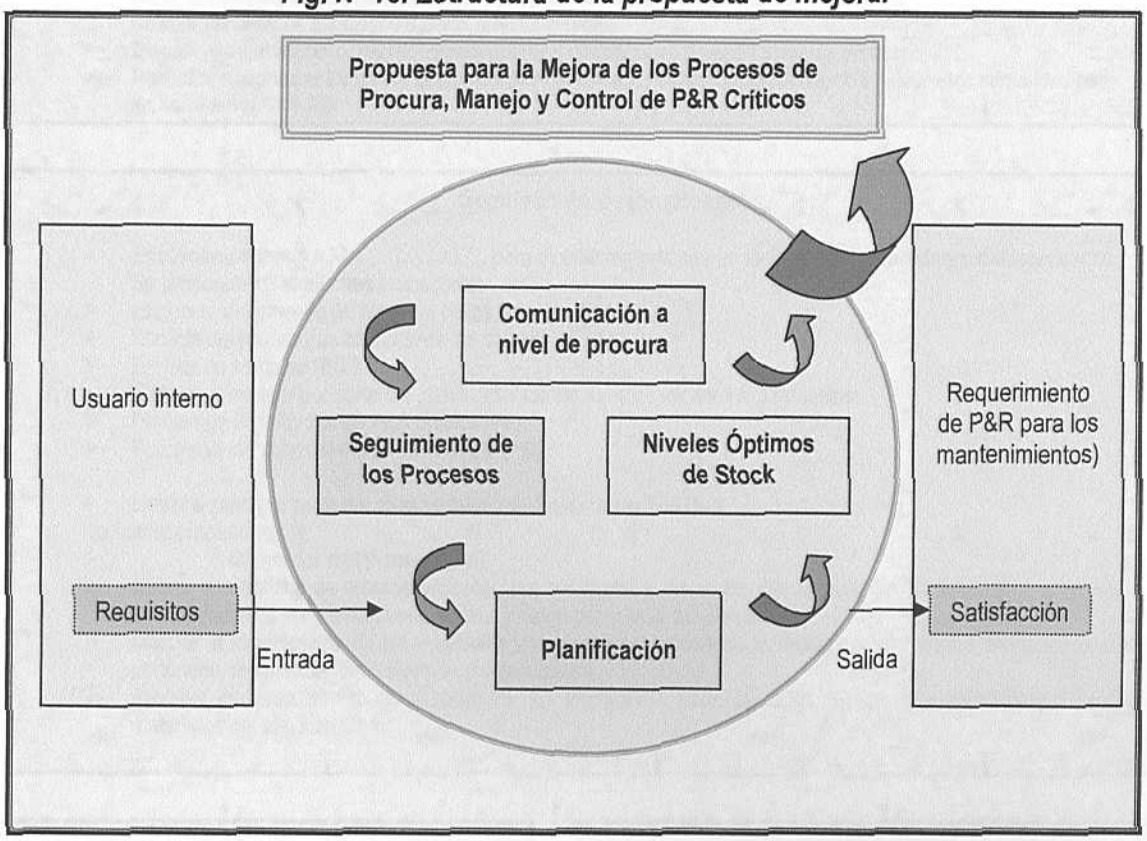
Garantizar mayor eficiencia en la gestión de procura, manejo y control de los componentes más importantes para las unidades de generación, a fin de incrementar la disponibilidad de generación de las turbinas de la Planta de Energía Eléctrica OAM.

V.2.1.4- Estructura de la propuesta

La propuesta de mejora se conceptualizó (ver figura Nº 15, a continuación), con base en el modelo de mejora de los Sistemas de Gestión de la Calidad ISO9001:2000.

En la figura se destacan aquellas fases (Comunicación a Nivel de Procura, Seguimiento de los Procesos de Procura, Manejo y Control, Planificación de los Recursos y Niveles óptimos de stock) donde se deben aplicar las mejoras paras los procesos de procura, manejo y control, las cuales al ser cumplidas respetando el orden establecido, garantizan la correcta disposición de las partes y repuestos críticos estudiados.

Fig. Nº 15. Estructura de la propuesta de mejora.



Fuente: FODONORMA (2001) COVENIN-ISO 9001:2000 Sistema de Gestión de la Calidad. Requisitos. Adaptación: El investigador (2005).

En la figura Nº 16 que se presenta a continuación se pueden observar los aspectos a mejorar a nivel de los procesos investigados para cumplir con la propuesta establecida, considerando el ciclo Planificar, Hacer, Verificar, Actuar (PHVA).

Fig. Nº 16. Estrategias de mejora.

Comunicación a nivel de procura

- Realizar encuentros entre Planificador de O.A.M y personal de compras (U.C.G / AEG) para discutir las actividades del proceso, sus debilidades y dificultades.
- Mejorar la descripción, de los materiales simbolizados, en el Texto de Pedido de Compra y en los Datos Base1, 2 en el sistema SAP R/3.
- Dar a conocer la preferencia, por parte de los solicitantes de las partes y repuestos críticos, en la prioridad para la atención de los pedidos según la importancia del material o de urgencia en su compra.(ver Fig. Nº 18. flujo-grama de las actividades para el desarrollo de la estrategia planteada)
- Realizar reuniones para dar a conocer y discutir los cambios en las normativas, internas o externas, y determinar las acciones pertinentes que permitan mantener la correcta ejecución de las actividades de procura así como estimar los tiempos asociados a estos nuevos cambios.
- Discutir y dejar en claro las responsabilidades y obligaciones de cada actor del proceso.
- Realizar reuniones entre donde el planificador del almacén pueda dar a conocer las habilidades adquiridas para en es sistema SAP R/3.

Seguimiento de los procesos

- Encuentros entre O.A.M y U.C.G / AEG, para discutir los indicadores de la gestión realizada y establecer metas. Se proponen los siguientes indicadores:
  - Eficiencia del proceso de atención de las solpeds **(EA)**
  - Eficacia del proceso de atención de las solpeds **(EFA)**
  - Errores de compras **(EC)**
- Elaborar y evaluar por parte del planificador los siguientes indicadores propuestos:
  - Porcentaje de faltantes de P&R críticos **(PF)**
  - Porcentaje de sobrantes de P&R críticos **(PS)**

- Llevar a cabo por parte del almacenistas las siguientes actividades:

Indicador propuesto,

- Daños por mal manejo (**DM)**
- Utilizar una política de almacenamiento para las partes y repuestos del almacén Nº 1. Se propone almacenar estos materiales por semejanza funcional y luego por semejanza física.
- Mejorar la identificación de los materiales en el almacén, colocando la descripción del mismo, el equipo al cual pertenece, tag number(del repuestos y/o del equipo)
- Revisión continua de las condiciones de los dispositivos utilizados para el manejo y manipulación de los materiales del almacén Nº 1.

(Ver anexo K)

Planificación

- Conocer los tiempos de cada una de las actividades de procura y mantenerlos actualizados.
- Orientar la capacitación del planificador del almacén hacia las aplicaciones del sistema SAP R/3 en la planificación de los materiales.

Niveles óptimos de stock

- Determinar, basada en las mejoras anteriores, políticas de control de inventario:
  - Para las partes y repuestos demandadas fuera de los mantenimientos mayores, se propone el modelo básico CEP por las características de la demanda y de los tiempos de reposición.
  - Calcular los puntos de reorden de las P&R críticas cambiadas en las inspecciones mayores en función de las horas equivalentes de operación de la unidad generadora.
- Mantener actualizadas las demandas de las P&R utilizadas en los mantenimientos Rutinarios.
- Mantener actualizados los costos de disponibilidad de las partes y repuestos críticas.
- Mantener un stock aquellos materiales crítico 1 cuyo tiempo de reposición es considerable.

(Ver Anexo J)

Cuando se propone como una estrategia de mejora la realización de reuniones entre los actores del proceso de procura, se busca afianzar las relaciones entre ambas partes del proceso (Administración O.A.M / G.C.G) para definir cuales son aquellos aspectos donde es necesario ajustar dichas actividades, de manera de mantener actualizada la gestión en torno a los cambios presentados en el proceso para la adquisición de materiales.

Estas reuniones tienen la finalidad también de poner en claro cuales son los roles de cada participante, para establecer de una manera más marcada las responsabilidades de cada uno en la procura.

La mejora de la descripción de los materiales en el sistema SAP R/3 busca disminuir los tiempos para la atención de las solicitudes de pedido, problema que se ha venido presentando y el cual retraza la gestión de compra. La ficha *(Fig. Nº 17)* que se muestra a continuación define aquellas características del material que deben ser incluidas en las especificaciones del Texto de Pedido de Compras y en los Datos Base 1 y 2, dentro del Módulo de Materiales de SAP R/3 y con las cuales se garantizaría la rápida y correcta identificación del material solicitado.

Fig. Nº 17. Ficha propuesta para la mejora de la descripción de los repuestos.

TEXTO DE PEDIDO DE COMPRAS
(Características Básicas)

Nombre del material:

Equipo al cual pertenece:

Nº de plano del equipo:

Sistema al cual pertenece el equipo:

Tag Number(s) asociado (s) al repuesto o al equipo al cual pertenece:

Otros números Sap:

Marca:

Modelo:

Rango de trabajo:

Fabricante:

Número de parte y Nº de catálogo:

DATOS BASE

Criticidad:

Punto de Reorden:

Dimensiones, Peso y Material de fabricación:

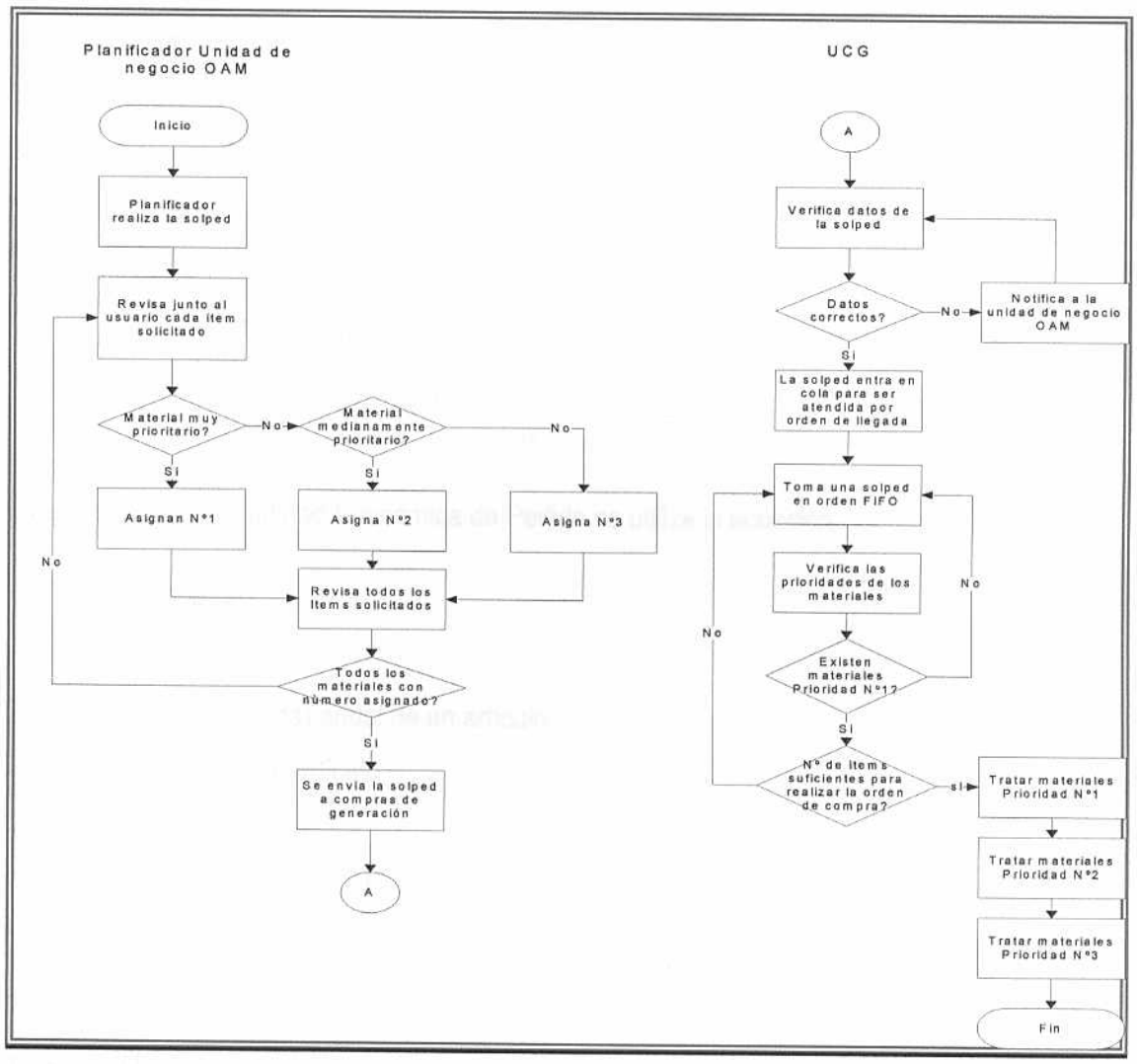
Diseño: El Investigador (2005).

Es importante destacar que en los Datos Base, estas especificaciones no son las únicas que se deben cargar, pero si las necesarias para la identificación del material.

Cuando en la propuesta se habla de dar a conocer la preferencia del solicitante del material, precisamente se busca mejorar el tiempo para la atención de los requerimientos y darle al planificador un poco de control sobre esta etapa de la procura, basándose en las necesidades reales de la compra del material pedido.

El siguiente Flujo-grama (Fig. Nº 18, a continuación) representa las actividades llevadas a cabo si es puesta en marcha la estrategia anteriormente expuesta.

Fig. Nº 18. Actividades del proceso de atención de las Solpeds con niveles de prioridad.



Diseño: El Investigador (2005).

El cálculo de los puntos de reposición de las partes y repuestos que se demandan en mantenimientos rutinarios, se puede realizar haciendo uso del modelo básico de control de inventario conocido como Cantidad Económica de Pedido (CEP), donde es necesario conocer los valores de la demanda anual de dichos materiales, los tiempos de reposición (ambos valores constantes y conocidos), así como los costos asociados al almacenamiento y realización de las solicitudes de compra, para calcular el punto de reorden y las cantidades económicas a solicitar cada vez que las existencias del material alcancen esta cantidad.

El Punto de pedido se puede obtener determinando la demanda de los materiales durante el tiempo de reposición, así mientras se espera la llegada del pedido se van consumiendo las cantidades destinadas para este lapso de tiempo.

Por ejemplo para el caso particular de uno de los repuestos tratados: Elementos filtrantes de los filtros 3 y 4 del secador de aire,

- Demanda Anual (365 Días) = 26 Piezas
- Tiempo de Reposición = 319 Días

Entonces el Punto de Reposición PR se calcula como:

PR= Tiempo de Reposición en días*Demanda en días =

$$319\text{Dias} * \frac{26\ \text{Piezas}}{365\text{Dias}} = 23\ \text{Piezas}$$

Para determinar la cantidad Económica de Pedido se utiliza la ecuación:

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{IC}}$$

Donde:

D = Consumo(o demanda) anual de un artículo

S = Costo de solicitar un artículo

C = costo del artículo

I= Coste de mantenimiento como porcentaje anual sobre C (%)

Así para el mismo ejemplo;

D =26 Piezas

S = 24.350 Bs.

I = 11,69% del costo del elemento filtrante

C= 48.960,00 Bs.

$$Q_{Opt} = \text{Raíz } [(2*26\text{Piezas}*24.350\text{Bs}) / (5723{,}424\text{Bs.})] = 15 \text{ Piezas}$$

Así pues, cuando el número de elementos filtrantes llegue a la cantidad de 22, debe realizarse un pedido por 15 piezas más.

En el caso de las partes y repuestos que son demandados en las inspecciones mayores los puntos de reorden pueden ser calculados de la siguiente forma, por ejemplo:

Si el repuesto es cambiado en un mantenimiento mayor Tipo C y su tiempo de reposición es 131 días, este tiempo debe ser cambiado a horas, lo que da como resultado 3144 horas, y definir el punto de reposición como el momento en el que la unidad tenga 8.000 - 3.144 horas, es decir a las 4.856 horas equivalentes de operación.

La estrategia propuesta de agrupar los materiales por semejanza funcional y luego por semejanza física, busca mantener las partes y repuestos dispuestos de una manera segura de fácil ubicación y manejo.

Para la política de almacenamiento propuesta, las partes y repuestos deberían ser dispuestos en estantes especificos quedando asi agrupados por igualdad funcional, luego dependiendo de las dimensiones y el peso de estos componentes reagruparlos dentro de los tramos más resistentes y cuyos anaqueles sean de mayor tamaño. Tomando en consideración las dimensiones estudiadas de los estantes del almacén 001, las partes y repuestos más numerosas pueden ser ubicadas en los estantes comprendidos desde el Nº 13 hasta el Nº 22, y de estos componentes los de mayor peso disponerlos en el tercer tramo, los de peso regular en el segundo tramo y los livianos en el primer tramo. Así por el contrario los materiales cuyas cantidades sean menores se pueden ubicar en los estantes restantes, (estante Nº 1 y los comprendidos entre el Nº 7 y el Nº 12) y de igual manera disponerlos en los tramos dependiendo de su peso.

V.2.1.5- Factibilidad de la propuesta

Existe factibilidad de desarrollar esta propuesta a nivel técnico ya que se cuenta con las instalaciones, en lo que al almacén se refiere, y con la herramienta fundamental del sistema SAP R/3.

A nivel operativo, se cuenta con el personal suficiente para llevar a cabo cada una de las actividades propuestas, además de existir completa conciencia y disposición del personal administrativo y de mantenimiento de la planta a realizar estas estrategias de mejora.

Además existe una gran ventaja en la implantación de estas mejoras, y es el hecho de que se esta hablando de actividades que no implican costos a la organización de la planta O.A.M y que generan beneficios económicos, como la disminución en un 45% de los costos asociados a la disponibilidad de las partes y repuestos críticos estudiados.

V.2.1.6-Beneficios de la propuesta

- Disminución del 45% de los costos de inventario de las partes y repuestos críticos generados por existencia de sobrantes.
- Disminución de los costos de inventario, basados en las cantidades económicas de pedido calculadas para las partes y repuestos con un modelo de control de inventario básico (CEP).
- Disminución del número de compras equivocadas.
- Mayor fluidez de información.
- Capacitación del personal administrativo en el área de compras y planificación de los requerimientos.
- Mayor y mejor conocimiento de las actividades de procura, manejo y control.
- Ajuste de la gestión realizada para la disposición de los materiales, a la situación actual.
- Niveles de stock ajustados a las demandas de los repuestos.
- Menores retrasos en las fechas programadas para los mantenimientos de las unidades.
- Menores costos de penalización por la energía dejada de producir.
- Aumento de seguridad en las condiciones operativas de la planta.
- Eliminación de la insuficiencia de partes y repuestos críticos que impiden la realización oportuna de los diferentes tipos de mantenimientos, lográndose mantener la disponibilidad de las unidades de generación de la planta O.A.M de la E.D.C.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

VI.1.- Conclusiones

Una vez estudiadas las actividades de procura, manejo y control y realizadas las propuestas de mejora, se puede decir que a través de esta investigación se definieron factores importantes que afectan el flujo eficiente de los procesos de la logística actual, así como aspectos, nivel de faltantes y de sobrantes de partes y repuestos, por nombrar alguno, que sin un estudio a fondo como el realizado difícilmente podían ser determinados.

Esta investigación permitió conocer la eficiencia y la eficacia del proceso de procura y las consecuencias de una gestión no ajustada, tanto de estas actividades como a las de control y manejo, a los requerimientos actuales para la disposición de las partes y repuestos críticas.

Un importante aporte de esta investigación es que se dejó por escrito y en diagramas, los procesos estudiados de los cuales no existía casi información procesada ni escrita, lo cual representa una ayuda para los mismos participantes a entender sus funciones y la integración dentro de las múltiples actividades realizadas para la correcta disposición de los requerimientos de la Unidad Generadora, planta O.A.M.

Se pudo obtener información detallada de los programas y planes de mantenimiento preventivo realizados a las unidades de generación, los cuales definen los requerimientos de las partes y repuestos críticas determinadas.

En su mayoría los materiales críticos estudiados son utilizados en las inspecciones mayores y pertenecen al sistema de la turbina, por el contrario una muy pequeña cantidad de estas partes y repuestos son cambiadas en mantenimientos rutinarios y pertenecen en su totalidad al sistema de aire de instrumentación.

Se logró la determinación de los costos asociados a las actividades para la disponibilidad de los repuestos críticos y se pudo observar que el porcentaje de los costos de traslado superan en todo momento a los demás valores obtenidos para las otras actividades. Este estudio permitió también determinar los costos asociados a los sobrantes de partes y repuestos existentes en el almacén.

Donde se presentan realmente las deficiencias del proceso logístico, para la disponibilidad de las partes y repuestos críticos, es en las actividades para el control la procura

de los materiales, lo cual se traduce en mayor cantidad de aspectos a mejorar y oportunidades para tal fin.

Finalmente para la mayor disponibilidad de las partes y repuestos críticos se propuso aplicar estrategías basadas en las oportunidades de mejoras detectadas en la procura, manejo y control de los materiales trabajados; Comunicación a Nivel de Procura, Seguimiento de los Procesos de Procura, Manejo y Control, Planificación de los Recursos y Niveles óptimos de Stock la cual involucra a los siguientes actores:

Planificadores	⇨	Control
Compradores y planificadores y usuarios	⇨	Procura
Almacenista	⇨	Manejo

VI.2.- Recomendaciones

- Mantener en los documentos de compra de los materiales, copia de las solicitudes de pedido a través de las cuales estos fueron requeridos. Esto va a permitir contar con la información necesaria para la determinación de los tiempos de reposición, no dejando todo a manos de l sistema SAP R/3, donde en alguno de los casos esta información no se cuenta cargada.
- Mantener las áreas de recepción y de despacho separadas, es recomendable habilitar de nuevo la ventana que antiguamente era utilizada para la entrega de los materiales, así se evitaría la entrada indiscriminada de personas al almacén.
- Levantar la información de todos los códigos de los materiales y hacer público un listado con esta información, además de mantenerlo actualizado.
- Es recomendable que el planificador del almacén mantenga informado al resto del personal administrativo involucrado en la procura de los materiales, acerca de las habilidades y conocimientos adquiridos en el uso del sistema SAP R/3.
- Unificar los nombres asignados a las partes y repuestos en el texto breve del material, para facilitar su identificación si no es conocido su código SAP.
- Mantener las partes y repuestos de mayor valor monetario, dispuestas con los dispositivos de seguridad correspondientes. Esto es una de las deficiencias que se pudieron observar en el almacenaje de los materiales.

BIBLIOGRAFÍA

ARIAS, Fidias G. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica.* Editorial Episteme. Caracas, 2004, (4ta ed.)

BALLOU, Ronald H., *Logística Empresarial: Control y Planificación*. Díaz de Santos. Madrid, 1991

BUFFA, Elwood S. *Apoyo logístico para la administración del mantenimiento industrial.* Limusa. México, 1986, (4ta ed.)

CARTER, Joseph R. *Mejoramiento del Proceso de Compras.*Editorial: Addison Wesley Iberoamericana. Buenos Aires, 1994, única edición.

CHASE, Richard B.; AQUILANO, Nicholas J. y JACOBS F. *Administración de producción y operaciones: manufactura y servicios.* McGraw-Hill. Caracas, 2000

DÍAZ M., Ángel. *Gestión de Inventario en Mantenimiento.* Ediciones IESA. Caracas, 1991, (1ra ed.)

DÍAZ M., Ángel. *Gestión de inventario en Mantenimiento.* Ediciones IESA. Caracas, 1994, (2da ed.)

MOSQUERA C., Luís G. *Apoyo Logístico para la Administración del Mantenimiento Industrial.* Universidad Central de Venezuela, Consejo de desarrollo científico y humanístico Caracas, 1987.

TAHA, Hamdy A. *Investigación de operaciones* .Alfaomega. México, 1991, (2da ed.)

Araujo, H. (2004) *Diseño de un plan de mantenimiento preventivo para los equipos asociados a las turbinas de la plata termoeléctrica Oscar Augusto Machado.* Trabajo de grado no publicado. Universidad Nacional Experimental Politécnica, Antonio José de Sucre. Caracas

Hernández, C. (2002). *Diseñar un plan de mantenimiento de las unidades generadoras de la planta Oscar Augusto Machado (O.A.M) Electricidad de Caracas.* Trabajo de grado no publicado. Universidad Nacional Experimental Politécnica, Antonio José de Sucre. Caracas

Equipo de mantenimiento mayor. (2003). Informe de Inspección Mantenimiento tipo C, O.A.M 11, Caracas: Carrero, N.

Van Dillewinjn, J. *Manual de Indicadores de Control de Gestión.* Caracas, 2003

Aranda, J. (s.f.) *Eficiencia vs. Eficacia [Revista en línea]. Consultado el 20 de noviembre de 2004 en:* http://www.rrhhmagazine.com/articulo/gestion14.asp#inicio

Banco Central de Venezuela. [Página Web en línea] disponible en: http://www.bcv.org.ve/

Barcalla, C.; Borrejo, P. (1999). *Sistema R/3.* Consultado el 10 de diciembre de 2004 en: http://usuarios.lycos.es/cblsap/

Barringer, P. (2002) Disponibilidad, confiabilidad, mantenibilidad y capacidad I y II, Parte I. [Revista en línea] Consultada el 25 de agosto de 2004 en: http://www.soporteycia.com.co/articulos/articulos.html#n2

Es tu plan (2001). [Página Web en línea] Disponible en: http://www.estrucplan.com
Gestión y Control de Calidad (s.f.). [Página Web en línea]. Disponible en: http://calidad.umh.es

Logística, una herramienta para la competitividad. [Informe en línea]. Disponible en: http://www.navactiva.com/web/es/alog/doc/informes

Opertti J. (2003). *Introducción a la gestión logística.* Consultado 5 noviembre de 2004 en: http://www.todologistica.com/verpubli.asp?codp=16&inicio=0

Sánchez S. (2003). *El almacén y su personal.* [Articulo en línea] Consultado el 24 de agosto de 2004) en: http://winred.com/EP/articulos/management/0020110500101822.html

Tribunal Supremo de Justicia [Página Web en línea] disponible en: http://www.tsj.gov.ve/

Fuentes, M. (2003). *Listado de equipos por sistemas.* [Documento en disquete]

González, A. (2003). *Resumen clase1.* [Documento en CD]